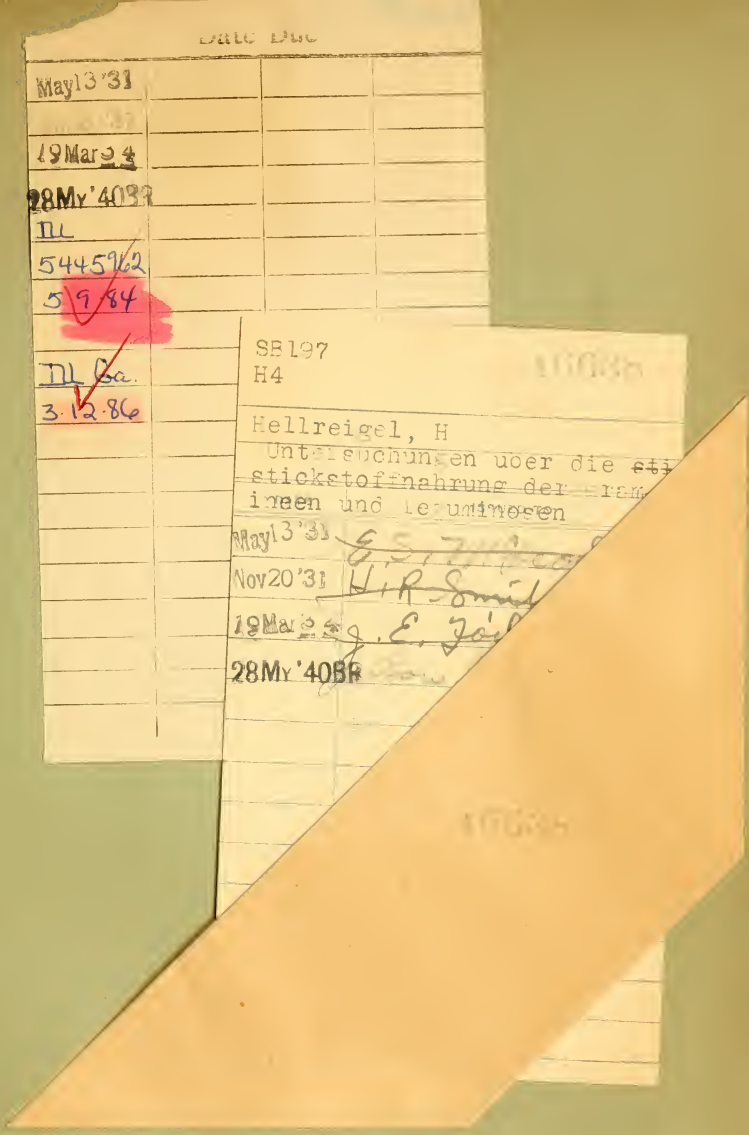
The D. H. Hill Library

North Carolina State College
SB197
H4

BRARY
OF THE
cultural Experiment Station.
Room Dir's Office
Case 24
Shelf A
Donated by
Purchased,

NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY LIBRARIES
S01949944 /



Date Due

May13'31

19Mar34

28My'40BR

TLL

5445962

5/9/84

TLL Ga.

3.12.86

SB197
H4

Hellreigel, H
Untersuchungen uber die ~~sti~~
stickstoffnahrung der gram
ineen und leguminosen

May13'31 E. S. [illegible]

Nov20'31 H. R. Smit

19Mar34 J. E. Jó[illegible]

28My'40BR

Beilageheft

zu der

Zeitschrift des Vereins f. d. Rübenzucker-Industrie d. D. R.

November 1888.

Untersuchungen

über

die Stickstoffnahrung der Gramineen und Leguminosen

von

H. Hellriegel und H. Wilfarth

unter Mitwirkung von

H. Roemer, R. Günther, H. Moeller und G. Wimmer.

(Referent: H. Hellriegel.)

BERLIN.

Buchdruckerei der „Post", Kayssler & Co.

S.W., Zimmer-Strasse No. 94.

Untersuchungen

über die

Stickstoffnahrung der Gramineen und Leguminosen.

Einer an mich ergangenen Aufforderung folgend, hatte ich in der 29. Section der 59. Versammlung deutscher Naturforscher von einer Anzahl Culturversuchen Mittheilung gemacht, welche uns zur Aufstellung einer neuen Hypothese über die Aufnahme des Stickstoffs durch die Papilionaceen führten.

Da aber die zur Stütze unserer Ansicht projectirten Experimente ihren Abschluss erst im Jahre 1887 fanden, ist es mir erst jetzt möglich, über dieselben zu berichten, und wenn ich dabei breiter verfahren muss, als mir selbst lieb ist, so wolle man dies mit den Angriffen entschuldigen, die unserer Arbeit unterdess zu Theil geworden sind, und die zu möglichster Ausführlichkeit zwingen.

1.

Es waren weder der Ehrgeiz, etwas Neues zu schaffen, noch die Sucht, überall Bacterien zu sehen, sondern einige ganz gelegentlich gemachte auffällige Beobachtungen, die uns zu einer Arbeit drängten, die von uns ursprünglich gar nicht beabsichtigt war.

Ausgehend von dem Gedanken, dass, wenn gewisse chemische Verbindungen als Nährstoffe für das Pflanzenleben unentbehrlich seien, eine jede derselben auch einen bestimmten quantitativen Nähreffect haben müsse, d. h. dass ein bestimmtes Gewicht eines solchen Nährstoffs unter sonst günstigen Vegetationsverhältnissen eine gegebene Pflanzenart immer zur Produktion einer bestimmten Menge von Trockensubstanz befähigen müsse, hatte Referent von dem Jahre 1862 ab an der Versuchsstation Dahme im Verein mit den Herren DDr. Fittbogen, Frühling, Sorauer, Marx eine nicht geringe Anzahl von Versuchen angestellt, welche den Zweck hatten, diese Wirkungszahl einzelner Nährstoffverbindungen für

SB197
H4
PROPERTY LIBRARY
N. C. State College
16638

einige der wichtigsten landwirthschaftlichen Culturpflanzen experimentell festzulegen.

Das Resultat unserer Bemühungen war ein ebenso unerwartetes, als zunächst unerwünschtes, — wenigstens soweit es die in der Nährstoffmischung enthaltenen Stickstoffverbindungen anging.

Die erhoffte strenge Abhängigkeit des Wachsthums von der im Boden vorhandenen Menge assimilirbaren Stickstoffs liess sich nämlich sehr wohl und bestimmt bei den Cerealien nachweisen. — Mit der Verminderung des Stickstoffs in der Nährmischung sank stets auch die Ernte; in einer stickstofflosen Nährmischung war eine bemerkenswerthe Produktion der Pflanzen über das Keimleben hinaus in keinem einzigen Falle zu beobachten; die Resultate der Controlleversuche standen ebenso, wie die Ergebnisse verschiedener Jahrgänge in befriedigender Uebereinstimmung; eine bestimmte Menge von Bodenstickstoff lieferte nicht nur immer annähernd die gleiche Menge von Ernte-Trockensubstanz, sondern, die von verschiedenen Stickstoffmengen erhaltenen Erträge standen überall auch in ziemlich directem Verhältnisse zu der dem Boden zugeführten Stickstoffgabe.

Nicht aber so bei den Papilionaceen. Schon frühzeitig machten wir die Erfahrung, dass Pflanzen dieser Familie auch in einem von Haus aus stickstofflosen Boden zu wachsen vermögen. 1862 und 63 sahen wir in unserem mit stickstofffreier Nährlösung versehenem Sande Rothklee hübsche Blüthenköpfe treiben und in dem folgenden Jahre Erbsen sich gut entwickeln und normale gute Samen bringen; aber — in anderen Jahren sahen wir dieselben Pflanzenarten unter genau den gleichen Versuchsbedingungen rettungslos verhungern; bei Controlleversuchen entwickelte sich die eine Pflanze vortrefflich, die andere ohne erkennbare Krankheitsursachen schlecht: gleiche Zusätze zur Nährstoffmischung wirkten einmal scheinbar gut, ein andres Mal gar nicht, ein drittes Mal schädlich; die Ernte nach verschieden hohen Stickstoffzusätzen zeigte keine constante Relation zur Stickstoffgabe.

Der zweite Theil dieser Beobachtungen, d. h. die in unseren Versuchen auftretenden Unregelmässigkeiten, oder vielmehr die vollständige Regellosigkeit in dem Verhalten der Leguminosen bewog uns, von einer Veröffentlichung unserer Arbeiten ganz abzusehen und uns zunächst einer eingehenden Prüfung unserer Methode zuzuwenden.

Jeder Pflanzencultur-Versuch ist ein hochcomplicirtes synthetisches Experiment und es entstand die Frage, ob überhaupt, resp. in wie weit es möglich sei, die dabei mitwirkenden zahlreichen Factoren in dem Grade zu beherrschen oder mindestens zu reguliren, dass man vertrauenswürdige quantitative Resultate — und auf diese kam es uns bei dem Ziele unserer Arbeit an — erwarten kann.

Die zahlreichen Versuche, die wir in der Folge unternahmen, um den Einfluss, den die einzelnen bekannten Wachsthumsfactoren, wie Samenqualität, Bodenvolumen, mechanische Bodenbeschaffenheit, Saatzeit, Licht, Wärme, Luft und Bodenfeuchtigkeit auf die Entwicklung der Pflanzen ausüben, zu studiren, und die uns bis zum Jahre 1873 beschäftigten, führten zu mancher nicht unwesentlichen Verbesserung der Methode und im Allgemeinen zu einem befriedigenden Abschlusse.*) (Die Resultate der Arbeit sind von mir in einer besonderen Schrift „Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaus. Vieweg & Sohn - Braunschweig“ zusammengestellt.)

Nach dieser Abschweifung konnten die alten Versuche nicht sofort, sondern, da Referent im Jahre 1874 Dahme verliess und ihm in seinem neuen Wirkungskreise ein Laboratorium und eine brauchbare Versuchseinrichtung nicht zu Gebote stand, erst im Jahre 1883 nach Errichtung der landwirthschaftlichen Versuchsstation zu Bernburg wieder aufgenommen und weiter geführt werden.

Die nächsten drei Jahre 1883 — 1885 verwendeten wir, unsere älteren Versuche mit Gerste, Hafer und Erbsen zunächst einfach unter Benutzung der verbesserten Methode und mehr geeigneter Hülfsmittel zu

*) Anmerkung: Eine Stelle in der Schrift „Die Thomasschlacke von Prof. P. Wagner-Darmstadt 1887“, welche S. 23 lautet: „Eine zweckmässige Abänderung der Wasserculturmethode ist von Prof. Hellriegel vorgenommen worden. Hellriegel liess die Pflanzenwurzeln nicht in einer Lösung, sondern in vollkommen gereinigtem Quarzsand, der mit Nährstofflösung begossen wurde, vegetiren und nannte diese Methode die Sandculturmethode“, veranlasst mich hier, einige Worte gelegentlich zu erwidern.

Wenn ich nicht irre, so ist die Sandculturmethode älter als die Wassercultur-methode; jedenfalls ist Quarzsand resp. gestossener Quarz mit Zugabe von Nährlösung zu Pflanzenculturversuchen von Anderen öfter und früher als von uns benutzt, — ich erinnere nur an die zahlreichen, sehr interessanten Experimente des Fürsten Salm-Horstmar; auch habe nicht ich der Methode den Namen gegeben, sondern habe dieselbe ausdrücklich als die „sogenannte Sandculturmethode“ bezeichnet. Ebenso lag uns bei den obengenannten Arbeiten die Idee, eine Abänderung der Wassercultur zu bewirken, vollkommen fern, es leitete uns vielmehr einzig der Wunsch, die Methode der Pflanzenculturversuche im Allgemeinen, gleichgültig ob dabei als Bodenmedium Quarzsand oder Ackererde, oder ob destillirtes Wasser benutzt wird, durch Verlegung der Cultur aus dem Zimmer und Gewächshause ins Freie und durch sorgfältige Berücksichtigung aller bekannten auf die Entwickelung der Pflanzen wirkenden Factoren während der Vegetation dahin auszubilden, dass mit Hülfe derselben nicht nur ein naturgemässes, normales Wachsthum, sondern auch bis zu erreichbarem Grade quantitativ gültige Ertragsresultate zu erwarten waren. Wir selbst verwendeten demgemäss und verwenden bei unseren Ernährungsversuchen den Quarzsand keineswegs ausschliesslich, sondern insoweit, als er uns für den beabsichtigten Zweck vermöge seiner Eigenschaften geeigneter erscheint, als irgend ein anderes Culturmedium.

wiederholen und erhielten dabei ausnahmslos die Bestätigung der früheren Resultate. Wiederum zeigte sich die constante Produktionslosigkeit der Cerealien in einem stickstofffreien Boden und die strenge Abhängigkeit ihres Wachsthums von der im Boden vorhandenen Menge von Nitraten einerseits, sowie andrerseits die Fähigkeit der Leguminose, auch ohne Gegenwart bemerkenswerther Mengen von Stickstoffverbindungen im Boden zu wachsen und bedeutende Mengen von Stickstoff zu assimiliren. Gleichzeitig aber traten auch ebenso die auffälligen Widersprüche und Unregelmässigkeiten in der Entwicklung der Erbsen unter vollständig gleichen Vegetationsbedingungen auf, wie früher.

Ein Versuch, die dabei beobachteten Erscheinungen mit Hülfe der bis dahin über das eigenthümliche Verhalten der Leguminose bei der Stickstoffaufnahme aufgestellten Hypothesen zu erklären, blieb fruchtlos.

Dagegen leitete die unverkennbare Thatsache, dass das Auftreten der Ursache, welche die regellose Entwicklung resp. Nichtentwicklung unserer Erbsen bedingte, mit den Eigenschaften unseres Bodenmaterials und den übrigen Versuchsbedingungen in keinem Zusammenhange stand, sondern immer ein rein zufälliges war, in Verbindung mit verschiedenen später zu erwähnenden Beobachtungen, unwillkürlich zu der Frage, ob jene Ursache nicht schliesslich in der Wirkung von Mikrobien zu suchen sei, deren grosse Bedeutung für den ganzen Naturhaushalt von vielen Seiten schlagend nachgewiesen war.

Gleich die ersten der Erörterung dieser Frage im Jahre 1886 gewidmeten Versuche fielen so ermuthigend aus, dass ich keinen Anstand nahm, in der oben erwähnten Berliner Versammlung eine kurze Mittheilung davon zu machen, und die Fortsetzung derselben im Jahre 1887 lieferte weitere Bestätigung.

Indem ich nachstehend über die hierher gehörigen Beobachtungen berichte, bin ich nicht gewillt, unsere unterdess veralteten Dahmenser Experimente wieder an's Licht zu ziehen, aber der ganze Gang unserer Arbeit macht es mir unerlässlich, nicht nur die Versuche von 1883—1885 *in extenso* mitzutheilen, obgleich sie ursprünglich einem anderen Zwecke dienten, sondern denselben auch eine ausführliche Beschreibung der von uns benutzten Culturmethode voraus zu schicken.

2.

Um bei einem Pflanzencultur-Versuche, der eine Ernährungsfrage betrifft, vertrauenswürdige Resultate zu erlangen, genügt es nicht, ein beliebiges Gefäss mit einem beliebigen Bodenmateriale zu füllen und eine beliebige Nährstofflösung hinzuzufügen, dasselbe anzusäen, unter irgend

einem Glasfenster aufzustellen und dann und wann, wenn die Blätter welk oder der Boden trocken erscheinen, zu begiessen, sondern man muss auch im Stande sein zu beweisen, dass

die Versuchspflanze sich unter den gewählten Verhältnissen bis zur Reife in jeder Beziehung normal entwickeln kann, dass

man es in der Hand hat, unter gewissen bekannten Bedingungen von dieser Pflanze jederzeit einen bestimmten Ertrag zu erzielen, der als Ausgangspunkt und als Massstab für die Ernten aller übrigen Versuche dienen kann, und dass

wenn nach absichtlicher Aenderung einer dieser Bedingungen gleichzeitig eine Aenderung in dem Wachsthum der Versuchspflanze eintritt, dieser Effect auch gewiss nur einzig und allein dem veränderten Versuchsfactor zuzuschreiben ist.

Die lange Beschäftigung mit den Cerealien ermöglichte es uns, diese Forderungen bezüglich dieser Pflanzen durch folgendes Vorgehen zu erfüllen:

Als Bodenmaterial wurde ein feiner tertiärer Quarzsand aus der Sächsischen Oberlausitz gewählt, der zu verschiedenen technischen Zwecken, namentlich zur Fabrikation des weissen Glases viel Verwendung findet, und der in doppelt gewaschenem Zustande und sehr gleichmässiger Beschaffenheit durch die Firma „Vereinigte Hohen-Bockaer Glassandgruben—Dresden H. Weichelt & Co." jedereit in beliebigen Quantitäten erhältlich war. Abgesehen von vereinzelt darin vorkommenden Bröckchen von angewittertem Feldspath, sowie von Glimmer und Hornblende besteht derselbe aus eckigen sehr gleichmässigen Quarztrümmern von 0,2—0,4 mm Durchmesser. Von 1 kg Material liessen sich durch das 0,1 mm-Sieb nicht mehr als 0,37 g feinen Staubes absondern, während in dem 0,5 mm-Siebe nur 0,82 g gröbere Körnchen zurückgehalten wurden.

Natürlich ist der Sand nicht chemisch rein. Nach der Analyse von Dr. Günther liessen sich durch dreimaliges Auskochen mit concentrirter Salzsäure ausziehen:

	aus 100 g Sand	d. i. per kg Sand
	g	g
Schwefelsäure	0,0052	0,052
Kalk	0,0080	0,080
Magnesia	0,0030	0,030
Kali	0,0014	0,014
Natron	0,0067	0,067
Phosphorsäure	unwägbare Spuren.	

Der Stickstoffgehalt der verschiedenen Lieferungen theils sofort, theils nachdem dieselben jahrelang bei uns gelagert hatten, in der Weise bestimmt, dass, nachdem der Stickstoff nach dem Kjeldahl'schen Ver-

fahren mit Wilfarth'scher Modification mit Zusatz von Zucker in Ammoniak übergeführt war, das letztere ohne Säure vorzuschlagen abdestillirt und mit einer verdünnten Schwefelsäure, von welcher 1 cc = 0,68 mg Stickstoff entsprach, unter Benutzung von Rosolsäure als Indicator direct titrirt wurde, ergab sich wie folgt:

	genommen Sand	gefunden Stickstoff	d. i. per kg Sand Stickstoff	(Analytiker)
	g	g	g	
(Zu den Versuchen von 1883 — 87 verwendet und theils mehr, theils weniger lange gelagert.)	20	0,000034	0,0017	Dr. Wilfarth
	20	0,000068	0,0034	„
	40	0,000109	0,0027	Moeller
	40	0,000136	0,0034	„
	40	0,000150	0,0037	„
	40	0,000218	0,0054	„
	50	0,000218	0,0044	„
	50	0,000218	0,0044	„
	50	0,000150	0,0030	„
	50	0,000197	0,0039	„
	40	0,000183	0,0046	Wimmer
	40	0,000142	0,0036	„
	40	0,000122	0,0031	„
	40	0,000142	0,0036	„
	40	0 000129	0,0032	„
	40	0,000156	0,0039	„
(Für die Versuche von 1888 benutzt und gleich nach Ankunft untersucht.)	40	0,000020	0,0005	„
	40	0,000020	0,0005	„
	40	0,000027	0,0008	„
	40	0,000014	0,0004	„
	40	0,000014	0,0004	„

Als Culturgefässe dienten Cylinder aus weissem Glase von verschiedener dem Bedürfnisse der zum Versuche benutzten Pflanzenarten angepasster Grösse, mit einem Loche im Boden.

Von den beiden am meisten zur Verwendung gelangten Formen hatte die kleinere (für Cerealien und Erbsen) eine Höhe von rund 24 cm, einen Durchmesser von 15 cm oben, 13 cm unten und fasste 4 bis 4,6 kg Sand, während die grössere (für Lupinen u. dergl. bestimmte) bei 40 cm Höhe und 15 cm oberen, 14 cm unteren Durchmesser 8 kg Sand aufnahm.

Das Füllen derselben bewirkte man in der Art, dass mit Rücksicht auf die mangelnde Porosität des Glases zunächst auf den Boden eine ppr 3 cm hohe Schicht von gewaschenen resp. geglühten Quarzstücken gegeben wurde, welche als Luftdrainage diente und zugleich dazu benutzt

wurde, das etwas verschiedene Gewicht der einzelnen Gefässe vollkommen gleich zu machen. Hierauf folgte eine möglichst dünne Schicht ungeleimter Watte und dann das Bodenmaterial. Hatten wir das letztere früher immer einfach trocken eingefüllt, dann angesäet und schliesslich mit der Nährstofflösung übergossen, so wurde vom Jahre 1883 an das Verfahren insofern geändert, als wir den Sand vor dem Einstreuen in einer Porzellan- oder Emailschale mit der Nährlösung anfeuchteten, so dass derselbe backend wurde, und ihn in diesem Zustande in die Gefässe unter zeitweisem ganz leichtem Andrücken einbröckelten.

Ich möchte ausdrücklich betonen, dass diese Aenderung nicht ohne Bedeutung war. Die Erfahrung hatte uns gelehrt, dass bei dem alten Verfahren unser feiner Sand eine sehr feste, geschlossene Beschaffenheit annimmt, die zwar manche Pflanzenarten in ihrer Entwickelung nicht merklich hindert, andern aber, wie uns einige besondere Versuche bestätigten, entschieden schädlich, ja geradezu verderblich wird. Mit dem neueren Verfahren gelingt es dagegen recht wohl, dem Bodenmateriale wenigstens annähernd die eigenthümliche Krümelstructur zu geben, die in der gahren Ackererde so vortheilhaft wirkt, und deren gänzliche Abwesenheit bei manchen Versuchen jeden Erfolg vereiteln kann.

Als Nährstoffmischung wurde ein Gemenge von Kaliummonophosphat, Kaliumchlorid, Magnesiumsulphat und Calciumnitrat verwendet und zwar galt in der Regel als Grundlage, von der man bei Construction der Versuchsreihen ausging, eine Gabe von

	pro 1 kg Sand
Kaliummonophosphat	0,136 g
Kaliumchlorid	0,075 „
Magnesiumsulphat	0,060 „
Calciumnitrat	0,492 „
in Summa	0,763 g.

Wenn von diesen Gewichtsverhältnissen in einzelnen Jahren und Versuchsreihen abgewichen wurde, so ist dies am gehörigen Orte ausdrücklich bemerkt.

Bei der Wahl dieser Nährstoffmischung brauchten wir nicht einen Griff in das Blaue hinein zu thun, sondern konnten uns von den zahlreichen Erfahrungen leiten lassen, die wir mit dieser, wie mit vielen anderen Nährstoffmischungen bereits gemacht hatten. Der jahrelange Anbau der Cerealien und Erbsen hatte uns gelehrt und das Beweismaterial dafür bereits geliefert,

1. dass es mit Hülfe dieser Nährstoffmischung möglich war, in unserem Sande die Cerealien jederzeit zu einem gesunden, normalen Wachsthume und, wenn es gewünscht wurde, zu einer

Vollkommenheit zu bringen, welche der von gut entwickelten Feldpflanzen mindestens gleich kam:

2. dass es mit Hülfe derselben gelang, in unseren kleinen 24 cm hohen, 15/13 cm weiten mit 4 kg Sand gefüllten Gefässen die Ernten von Gerste und Hafer bis auf pptr. 25 g Trockensubstanz, nicht aber wesentlich höher zu treiben, — dass also ca. 25 g Trockensubstanz in diesem Falle als der durch das gebotene Bodenvolumen begrenzte Maximal-Ertrag anzusehen sei;
3. dass sich sowohl Gerste als Hafer für eine einseitige Abweichung von den in dieser Mischung gewählten Quantitäts-Verhältnissen nur bezüglich des Calciumnitrats empfindlich erwiesen, insofern als eine einseitige Vermehrung dieses Salzes um nur ein Drittel (also eine Gabe von 0,656 g, entsprechend 0,112 g Stickstoff pro Kilo Sand) schon krankhafte Erscheinungen in der Vegetation hervorrief, während eine einseitige Verminderung desselben um ebenfalls ein Drittel (also eine Gabe von 0,328 g, entsprechend 0,056 g Stickstoff pro Kilo Sand) schon eine Verminderung des Ertrags zur Folge hatte, also einen relativen Stickstoffmangel im Boden anzeigte;
4. dass dagegen die übrigen Salze sowohl einseitig, als selbst alle gemeinschaftlich um das Doppelte und mehr gesteigert und um das Doppelte und mehr vermindert werden konnten, ohne im ersten Falle durch Ueberschuss der Vegetation zu schaden, oder im zweiten Mangel-Erscheinungen hervorzurufen;
5. dass sich die Erbsen wohl gegen das Calciumnitrat anders verhielten als die Cerealien, dass aber der stickstofflose Theil der obigen Nährstoffmischung innerhalb der Grenzen, bis zu welchen wir die Quantitätsverhältnisse variiren liessen, auch den Bedürfnissen dieser Pflanzenart überall zu genügen vermochte.

Da es leicht sein wird, für die Richtigkeit dieser sämmtlichen Sätze mit alleiniger Ausnahme des 4. auch aus den gleich mitzutheilenden neueren Versuchen von 1883—1885 ein genügendes Beweismaterial heraus zu finden, so darf ich es unterlassen, die betreffenden Versuche aus älterer Zeit zur Begründung derselben hier wiederzugeben und kann mich damit begnügen, ein einziges Beispiel bezüglich des Punktes 4 heranzuholen:

Im Jahre 1868 wurden Gerste und Hafer unter folgenden Verhältnissen gebaut:

Dimensionen der gläsernen Culturgefässe: 24 cm Höhe, 15/13 cm Durchmesser;
Sand: 4 kg;

Bodenfeuchtigkeit: Während der Vegetation schwankend von 15 bis 10 %;

Samen: Gerste zwischen 28 und 36 mg, im Mittel 32,3 mg pro Korn lufttrocken,
Hafer zwischen 33 und 45 mg, im Mittel 37,8 mg pro Korn lufttrocken;

Pflanzenzahl pro Culturgefäss: Gerste 12,
Hafer 18;

Nährstoffzusatz:

	a) reich an stickstofflosen Salzen		b) arm an solchen	
	im Ganzen	pr. Kilo Sand	im Ganzen	pr. Kilo Sand
	g	g	g	g
Calciumnitrat:	1,968	0,492	1,968	0,492
Kaliummonophosphat:	1,089	0,272	0,272	0,068
Kaliumchlorid:	1,194	0,299	0,075	0,019
Magnesiumsulphat:	0,384	0,096	0,096	0,024
Natriumchlorid:	0,468	0,117	—	—
in Summa:	3,135	0,784	0,443	0,111.

Die davon erhaltenen Ernteresultate waren folgende:

		Gerste (Hord. vulg.)		Hafer (Landhafer)	
		a. salzreiche Mischung.	b. salzarme Mischung.	a. salzreiche Mischung.	b. salzarme Mischung.
Aehrentragende Halme:	Stück	16	16	22	23
Länge der Haupthalme:	cm	73—106	81—102	60—88	66—92
Gut entwickelte Samen:	Stück	407	430	510	508
Ertrag an Trockensubstanz: Samen	g	13,571	12,676	12,891	11,499
Spreu	g	2,015	1,984	1,643	1,392
Stroh	g	12,270	9,051	12,119	11,103
in Summa	g	27,856	23,711	26,653	23,994
Relatives Verhältniss. Summa der Ernte = 100: Samen		48,7	53,5	48,3	47,9
Spreu		7,3	8,4	5,9	5,8
Stroh		44,0	38,1	45,8	46,3.

Ergab sich hiernach allerdings eine gewisse Differenz zwischen den Erträgen der beiden Nährstoffmischungen a. und b., so ist dabei noch zu berücksichtigen, dass die mit der salzreichen Mischung a. erzeugten Pflanzen ganz bedeutend aschereicher waren, als die in Mischung b. gewachsenen, und dass also ein Theil der in a. gemachten Mehrernte nur aus den überschüssig aufgenommenen Salzen bestand. — Dass dieser

Theil nicht ganz unwesentlich war, zeigten die Aschenbestimmungen, nach welchen das Gewicht der produzirten organischen*) Substanz in Summa betrug:

bei der Gerste		beim Hafer	
a.	b.	a.	b.
25,682	22,717	24,398	23,123 g.

Die hiernach restirenden Differenzen sind gering genug, um den obigen Satz 5 als annehmbar und die Mittheilung von den weiteren Versuchen als überflüssig erscheinen zu lassen, in welchen es uns gelang, die einzelnen Nährstoffe einseitig noch erheblich unter die in Nährstoffmischung b. eingehaltene Grenze zu reduciren, ohne Mangelerscheinungen hervorzurufen und die Ertragshöhe in bedenklicher Weise herabzudrücken.

Da man bei Culturversuchen in kleinen Gefässen gezwungen ist, immer nur mit einer sehr geringen Anzahl Pflanzenindividuen zu arbeiten,

---

*) Anmerkung: Ganz beiläufig sei bemerkt, dass das angeführte Beispiel noch nach einigen anderen Richtungen hin nicht uninteressante Resultate bot insofern, als es zeigte:

welch' hohe Concentrationen der Nährstofflösungen die Pflanzen bei der Sandcultur ohne Nachtheil vertragen,

— nach den oben gegebenen Mittheilungen betrug der Wasserzusatz zu 4 kg Sand bei Anfang des Versuchs 600 g, den man durch Verdunstung bis 400 g sinken liess, und das Gewicht der mit der Nährstoffmischung a. gegebenen Salze in Summa 5,1 g; hieraus aber ergiebt sich, dass die Concentration der den jungen Pflanzen gebotenen Nährstofflösung von Anfang = 8,5 ‰ war und, so lange die Assimilation der Salze eine geringe blieb, bis 12 ‰ steigen konnte, —

ferner, welche bedeutenden Mengen von Salzen die Pflanzen überschüssig aufnehmen können, ohne irgendwelche Abnormität in ihrem Wachsthume zu zeigen und

wie dieser nicht zur Ausnutzung gelangte Ueberschuss hauptsächlich im Stroh aufgespeichert wird.

— Die von obigem Beispiele resultirende Gerste ergab:

		Rohasche (Glührückstand).	Reinasche (nach Abzug von Sand, Kohle u. Kohlensäure).
in Nährstofflösung a. gewachsen	Körner	2,65 %	2,62 %
	Spreu	9,46 „	8,50 „
	Stroh	**13.24** „	**12.32** „
in Nährstofflösung b. gewachsen	Körner	1,86 „	1,80 „
	Spreu	9,15 „	7.27 „
	Stroh	**6.39** „	**4.38** „

Eine Anzahl weiterer Beläge in letzterer Beziehung hatte Referent in der V. Wanderversammlung deutscher Agriculturchemiker in Hohenheim angeführt. (Vergl. d. landwirthschaftl. Versuchs-Stationen. Bd. XI. S. 136 etc.)

und da andrerseits der eigentliche Ernährungsversuch erst dann beginnt, wenn die Reservestoffe des Samens aufgebraucht sind und eine lebhafte Assimilation von aussen beginnt, so ist es von der grössten Wichtigkeit, durchaus nur mit solchen Keimpflanzen in den Versuch einzutreten, welche vollkommen gesund und selbst durch grössere Versuchsreihen hindurch möglichst gleich entwickelt sind.

Diese Erwägung veranlasste uns, bei der Ansaat stets das folgende allerdings etwas umständliche Verfahren einzuhalten.

Zunächst suchte man aus einer grösseren Quantität Samen sich diejenigen heraus, die, soweit sich äusserlich erkennen liess, gut und durchaus normal entwickelt waren; dann wurden auf der Waage alle leichten und ebenso alle schweren Körner abgeschieden, so dass der zur Verwendung bestimmte Rest nur Samen von einem mittleren und wenig schwankenden absoluten Gewicht enthielt. Dieser Rest wurde sodann zwischen Fliesspapier zum Keimen gebracht, nach dem Durchbruch des Keims noch einmal auf Gesundheit und normale Beschaffenheit des Würzelchens untersucht, und von ihm die Portion entnommen, welche eine gleiche Keimungsenergie zeigte.

Von der Elite wurde schliesslich der Saatbedarf gedeckt und zwar gaben wir davon in jedes Gefäss immer mehr, meist die doppelte Anzahl Samen, als Pflanzen sich darin entwickeln sollten. Der Ueberschuss wurde dann in früher Jugend wieder derart entfernt, dass dabei von den Pflänzchen alle die, welche sich beim Auflaufen geschädigt hatten, an einer unerwünschten Stelle zu Tage traten, oder sonst Zeichen einer Mangelhaftigkeit an sich trugen, inclusive des daran hängenden Samenrestes wieder herausgenommen wurden. Auf diese Weise gelang es meist, selbst bei grossen Gefässreihen mit einem gesunden und durchweg ausgeglichenen Pflanzenbestande in den Versuch einzutreten.

Es sei hierzu bemerkt, dass in den Fällen, in welchen es uns darauf anzukommen schien, Gewicht und Stickstoffgehalt von den weggenommenen Ausschusspflänzchen ebenso wie von den ausgelegten Samen direct bestimmt wurden; im Allgemeinen aber glaubten wir die durch die Operation bedingte Stickstoff-Zu- und Abfuhr ohne erheblichen Fehler als gleich annehmen zu dürfen, denn es ist bei Pflanzen, mit denen man sich lange beschäftigt hat, nicht eben schwer, den Zeitpunkt, mit welchem das Keimleben sich seinem Ende nähert und eine lebhaftere Assimilation beginnt, ziemlich sicher zu treffen. Wie gross der Fehler bei diesem Verfahren ausfällt, dafür geben wir beiläufig folgenden Beleg:

Im Jahre 1883 waren bei unsern Culturversuchen mit Gerste und Hafer in jedes Gefäss 14 Samen eingelegt und von den aufgegangenen 14 Pflänzchen allemal je 7 als Ausschuss wieder entfernt worden.

Zur Aussaat waren zur Verwendung gekommen:

bei der Gerste nur Samen zwischen 38 und 44 mg, im Durchschnitt von 41,26 mg Schwere mit einem Wassergehalte von 12,32 % und einem Stickstoffgehalte von 1,54 %,

und beim Hafer nur Samen zwischen 41 und 47 mg, im Durchschnitt von 43,76 mg Schwere mit einem Wassergehalte von 12,25 % und einem Stickstoffgehalte von 1,74 %.

In dem Saatgute waren also mit je 7 Samen jedem Culturgefässe zugeführt worden

bei der Gerste . . 0,2532 g Trockensubstanz und 0,0044 g Stickstoff,
bei dem Hafer . . 0,2688 „ „ „ 0,0053 „ „

Die dafür entfernten je 7 Ausschusspflänzchen inclusive der anhängenden Samenreste aus je 10 mit verschiedenen stickstoffhaltigen Nährlösungen beschickten Culturgefässen wogen bei 100° getrocknet:

von der Gerste	von dem Hafer
0,1937 g	0,3163 g
0,1959 „	0,3109 „
0,2063 „	0,2958 „
0,2040 „	0,3170 „
0,1897 „	0,3110 „
0,2042 „	0,2977 „
0,2027 „	0,2755 „
0,1958 „	0,3127 „
0,2190 „	0,2700 „
0,2201 „	0,3038 „
im Mittel 0,2031 g	im Mittel 0,3011 g

und eine Stickstoffbestimmung von der aus allen 10 Gefässen zusammengemischten Pflänzchenmasse ergab:

bei der Gerste . . . 2,11 % Stickstoff in der Trockensubstanz,
bei dem Hafer . . . 2,23 % „ „ „ „

Mithin waren mit den Ausschusspflänzchen jedem Culturgefässe wieder entzogen worden:

bei der Gerste:
im Mittel: 0,2031 g Trockensubstanz und 0,0043 g Stickstoff,
Maximum: 0,2201 „ „ „ 0,0046 „ „
Minimum: 0,1897 „ „ „ 0,0040 „ „

bei dem Hafer:
im Mittel: 0,3011 g Trockensubstanz und 0,0067 g Stickstoff,
Maximum: 0,3170 „ „ „ 0,0071 „ „
Minimum: 0,2700 „ „ „ 0,0060 „ „

und die Differenz zwischen Zufuhr durch die Samen und Abfuhr durch die Ausschusspflänzchen betrug:

bei der Gerste:

im Mittel:	+ 0,0501 g	Trockensubstanz	u.	— 0,0001 g	Stickstoff,
Maximum:	+ 0,0635 „	„	„	+ 0,0002 „	„
Minimum:	+ 0,0331 „	„	„	— 0,0004 „	„

bei dem Hafer:

im Mittel:	— 0,0323 g	Trockensubstanz	u.	+ 0,0014 g	Stickstoff,
Maximum:	— 0,0482 „	„	„	+ 0,0018 „	„
Minimum:	— 0,0012 „	„	„	+ 0,0007 „	„

Um den Pflanzen während der Vegetationszeit in jeder Beziehung naturgemässe und jedem Einzeln-Versuche möglichst gleiche äussere Bedingungen zu bieten, waren weiter folgende Anordnungen getroffen:

Als Aufstellungsort für die vegetirenden Pflanzen wurde ein erhöhter Platz in dem $^1/_2$ Hectar grossen Garten der Versuchsstation gewählt, welcher unmittelbar am linken Ufer der Saale, seitlich von anderen Gartenanlagen umgeben und von beschattenden Bäumen entblösst, Licht, Sonne und frische, reine Luft von allen Seiten ungehindert zuströmen liess.

Die Pflanzen wuchsen demnach im Freien unter durchaus normalen Verhältnissen. Durch die Art der Aufstellung der Culturgefässe neben einander wurde weiter dafür gesorgt, dass auch eine gegenseitige Behinderung in irgend welcher Richtung nach Möglichkeit ausgeschlossen war.

Nur bei Regen und Sturm wurden die Pflanzen in ein Schutzhaus gebracht, welches, an den Vegetationsplatz nördlich unmittelbar angrenzend und aus Eisen und Glas sehr gut und zweckmässig construirt, bei 25 m Länge, $7\,^1{}_2$ m Tiefe und einer Höhe von $3\,^1/_4$ m bis zum Dach, resp. $5\,^1/_2$ m bis zum First, einen ebenso geräumigen, als hellen und luftigen Aufenthaltsort darbot.

Zu einem weiteren Schutze gegen die Wirkung abnormer Hitzegrade diente noch eine an das Glashaus anstossende, an den Seiten offene und nur mit einem Pappdache überdeckte Schattenhalle. In diese aber wurden die Pflanzen stets nur während weniger überheisser Mittagsstunden im Hochsommer gebracht; in einzelnen Jahren gelangte dieselbe so gut wie gar nicht zur Benutzung.

Behufs bequemen Transports der Pflanzen von einer Stelle zur andern waren die ganzen, hier geschilderten Anlagen durch Schienengeleise mit einander verbunden, auf welchen leicht bewegliche, mit

70 cm hohen Rädern versehene und wo nöthig zum Schutze gegen Vögel mit einem Netze von dünnen Bindfaden überspannte Kastenwagen liefen. Auf letzteren waren die Culturgefässe gleich bei Beginn aufgestellt und konnten so rasch und ohne schädliche Erschütterung in jede beliebige Stellung gebracht werden.

Zum Begiessen diente in allen Fällen nur destillirtes Wasser, welches mit der Vorsicht gewonnen war, dass immer das erste Drittel des Destillats als möglicherweise ammonhaltig entfernt und zu anderen Zwecken benutzt wurde. Mit Hülfe desselben wurde die Bodenfeuchtigkeit in den Culturgefässen derart unter dauernder Controlle erhalten, dass man ein jedes der letzteren bei Beginne der Versuche auf ein festbestimmtes Feuchtigkeits-Maximum (in den kleinen Gefässen 17 ½ oder 15 %, in den grösseren 12 %) brachte, dann den durch Verdunstung bewirkten Wasserverlust durch tägliche Wägung sorgfältig verfolgte und die Bodenfeuchtigkeit, sobald sie in einem Gefässe auf ein bestimmtes Minimum (in der Regel bis auf 10 %) gesunken war, bis zur ursprünglichen Höhe wieder ergänzte.

Diese Wahl der Normen für die Bodenfeuchtigkeit entsprang so wenig einem zufälligen Belieben, wie die der Nährstofflösung, sondern gründete sich auf ältere Erfahrungen.

Zahlreiche Beobachtungen hatten uns gelehrt:

1. dass die Pflanzen in unserem Sande bei einer Bodenfeuchtigkeit zwischen 18 % und 8 % ihr Wasserbedürfniss voll und unter allen Umständen befriedigen konnten;
2. dass, wenn man die Bodenfeuchtigkeit auf 20 % steigerte, eine Schädigung der Gewächse in ihrer normalen Entwicklung nicht sicher ausgeschlossen war, und dass, wenn man dieselbe unter 7 % sinken liess, der Wasserersatz in der Pflanze nicht unter allen Umständen genügend rasch und reichlich erfolgen konnte, und ein Sinken des Ertrags die Folge war;
3. dass in unserem Sande Wassermengen bis zu 20 % wohl bis zu einer Schichthöhe von 20 cm gleichmässig und dauernd festgehalten werden, dass aber bei einer Mächtigkeit des Sandes von 40 cm schon Wassergaben bis zu 12 % sich nicht auf die Dauer in allen Höhen gleichmässig vertheilt erhalten, sondern bei wochenlangem Stehen in die tieferen Schichten versenken, und diese bis zur Sumpfbildung übersättigen können.

(Beläge hierfür sind von mir in „Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaus S. 545 etc. und S. 598 f. mitgetheilt.)

Diese Beobachtungen waren es, welche uns bei der Wahl der obigen Normen für die Bodenfeuchtigkeit leiteten, u. zw.

wählten wir für unsere kleinen Gefässe die zulässig weitesten Grenzen, weil erfahrungsmässig die Pflanzen in dem Stadium ihrer höchsten Entwicklung dort die ihnen zwischen 17 ½ (resp. 15) und 10 % Feuchtigkeit zur Disposition stehende Wassermenge schon innerhalb 24 Stunden und selbst in noch kürzerer Zeit verbrauchten,

beschränkten uns aber für die grossen Gefässe auf die zulässig niedrigsten Wassergaben, ja hielten bei den Pflanzenarten, welche in ihrer Jugend eine sehr langsame Entwicklung haben, wie Lupinen und Serradella, die Bodenfeuchtigkeit in den ersten Wochen aus Vorsicht nur zwischen 10 und 8 %, und liessen dieselbe erst dann, wenn die Pflanzen mehr Masse gebildet hatten und lebhafter verdunsteten, auf 12 % und nach Erforderniss selbst noch etwas höher steigen.

Diese Culturmethode verbürgt, wie uns jahrelange Erfahrung gelehrt hat, nicht nur ein durchaus normales Wachsthum der Versuchspflanzen, sondern erlaubt auch auf die quantitativen Ertragsresultate Werth zu legen, wenn wir auch gern zugeben, dass dieselben niemals die Sicherheit und Schärfe erreichen, welche die quantitativen Resultate einer gut ausgebildeten chemisch analytischen Methode bieten.

Ich lasse die mit Hülfe derselben erhaltenen Versuchsresultate hiernach folgen:

3.

Versuche aus den Jahren 1883—1885.

A. Gerste.

1883.

Allgemeine Verhältnisse.

Culturgefässe — 24 cm hoch; 15/13 cm im Durchmesser;
Sand pro Culturgefäss — 4600 g;
Bodenfeuchtigkeit während der Vegetation — schwankend von 17 ½ bis 8 ¾ % (= 70—35 % d. wasserfass. Kraft des Sandes);
Versuchsfrucht — Hordeum distichum (Var. Chevaliergerste);
Saatgut — spec. Gewicht zwischen 1,244 und 1,269; absolutes Gewicht zwischen 38 und 44 mg lufttrocken; im Mittel à Korn 41,26 mg mit 12,32 % Feuchtigkeit;

Aussaat — 14 Samen pro Culturgefäss, davon 7 nach dem Aufgehen wieder entfernt und 7 zur vollen Entwicklung stehen gelassen;

Vegetationszeit — Samen in dest. Wasser zum Keimen angestellt am 20. April, mit ausgebrochenem Würzelchen eingesäet am 23. April,
Auflaufen der Saat 27.—29. April,
Ernte am 1. August;

Nährstoffe — pro Culturgefäss wurden zunächst allen Nummern gleichmässig 4 g Calciumcarbonat einverleibt (mit der ganzen Sandmenge trocken sorgfältig gemengt), dann weiter in Lösung beigegeben

0,5444 g Kaliummonophosphat,
0,1492 „ Kaliumchlorid und
0,2400 „ Magnesiumsulphat,

und schliesslich erhielten (mit der vorstehenden Lösung vermischt und gleichzeitig)

Culturgefäss No.	Calciumnitrat g	darin Stickstoff g
1.	1,968	0,336
2.	1,312	0,224
3.	1,312	0,224
4.	1,312	0,224
5.	0,984	0,168
6.	0,656	0,112
7.	0,656	0,112
8.	0,656	0,112
9.	0,328	0,056
10.	0,328	0,056
11.	0,328	0,056
12.	0,164	0,028
13.	0,000	0,000
14.	0,000	0,000

Resultate:

Stand und Entwicklung der jungen Pflänzchen liessen bei Beginn des Versuchs nichts zu wünschen übrig und hielten sich während der ersten Vegetationswoche auch in allen 14 Gefässen absolut gleich.

Am 4. Mai gelang es bei aufmerksamer Beobachtung zuerst, an den Pflänzchen der Gefässe No. 13 und 14 ein Zurückbleiben zu constatiren, welches rasch immer deutlicher wurde; — es bezeichnete offenbar den Zeitpunkt, bei welchem die Reservestoffe des Samens ganz oder nahezu

aufgebraucht waren und der Hungerzustand in dem ganz ohne Stickstoffzusatz gelassenen Boden begann —:

bei allen übrigen Pflanzen war zu dieser Zeit und auch in den nächsten Tagen irgend welcher Unterschied im Wachsthum noch nicht aufzufinden;

erst am 9. Mai liess sich ein Zurückbleiben bei No. 12, wenige Tage später bei No. 9, 10 und 11 und nun in kürzeren Zwischenräumen auch bei den übrigen Gefässen bis nach No. 1 hin erkennen, so dass die ganze Versuchsreihe in der 4. Maiwoche schon von Weitem ein sehr deutliches Bild von den jeder einzelnen Nummer gegebenen Stickstoffmengen bot, welches in der Folge immer bestimmter wurde;

und zwar zeigte sich dieses nicht blos in Kräftigkeit und Höhe der Pflanzen, sondern auch in der Bestockung, indem jede Pflanze durchschnittlich

in No. 1	. . . .	(336 mg N.)	5	Seitenzweige	trieb,	von denen	2	noch	Aehren	brachten,	
„ „ 2, 3, 4	.	(224 „ „)	4	„	„	„	„	1	„	„	„
„ „ 5	. . . .	(168 „ „)	3—4	„	„	„	„	1	„	„	„
„ „ 6, 7, 8	.	(112 „ „)	2—3	„	„	die sämmtlich, ehe sie bis zur Aehrenbildung gelangten, zu Gunsten des Stammhalmes wieder aufgezehrt wurden;					
„ „ 9, 10, 11		(56 „ „)	2	„	„						
„ „ 12	. . . .	(28 „ „)	1	„	„						

während in No. 13 und 14 (ohne Stickstoff) keine einzige Pflanze auch nur den Versuch zu einer Bildung von Seitensprossen machte.

Der Nährstoffmangel oder der Hungerzustand, *in spec.* der absolute Stickstoffhunger, thut sich in der Weise charakteristisch kund, dass die Pflanze nach Verbrauch der Reservestoffe des Samens (es ist dies in der Regel die Zeit, wo sie mit der Bildung des dritten Blattes beschäftigt ist) nicht abstirbt, sondern weiter vegetirt (und zwar ungefähr eben so lange, wie normal ernährte Pflanzen) und alle Organe bis zur Frucht, wenn auch in zwerghafter Form, entwickelt, aber dabei nicht wirklich produzirt, sondern jedes neu entstehende Organ immer auf Kosten des ältesten Blattes entwickelt, das sie zu diesem Zwecke ausschöpft und vertrocknen lässt.

Bei relativem Hunger erfolgt dieses Vertrocknen und Aufzehren der ältesten Blätter entsprechend später,

bei Pflanzen, welche mit gerade ausreichenden Stickstoffmengen ernährt werden, tritt es erst in der Periode der Fruchtbildung, und

bei Pflanzen, welchen Stickstoff im Ueberschusse zur Verfügung steht, gar nicht ein, sie bilden noch neue Seitensprossen, wenn die ältesten Aehren schon gelb werden, sie werden in ihren verschiedenen Theilen nicht gleichzeitig und unter Umständen überhaupt niemals reif.

Bei der Ernte wurde gefunden:

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben g	Anzahl der ährentragenden Halme	Anzahl der unfruchtbaren Halme	Länge der 7 Stammhalme ohne Berücksichtigung der Grannen cm	Anzahl der Aehrchen	Anzahl der Samen
1.	0,336	21	23	68—76	470	306
2.	0,224	15	24	67—82	311	263
3.	0,224	13	20	67—78	290	232
4.	0,224	14	21	73—84	314	260
5.	0,168	12	19	66—82	241	194
6.*)	0,112	7	15	(*36—74	124*)	101*)
7.	0,112	7	18	54—74	147	124
8.	0,112	8	16	42—78	152	126
9.	0,056	7	14	43—56	108	78
10.	0,056	7	14	45—52	88	77
11.	0,056	7	14	25—54	89	70
12.	0,028	7	7	27—42	51	43
13.	—	6	1	13—18	10	8
14.	—	7	0	11—18	11	3

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben g	Ertrag an Trockensubstanz Körner g	Spreu g	Stroh g	Summa g	Verhältniss Summa d. Ernte = 100 Körner	Spreu	Stroh	Ein Korn wog trocken i. Durchschn. mg
1.	0,336	10,3866	3,1408	15,8156	29,3430	35,4	10,7	53,9	33,9
2.	0,224	8,1042	1,7680	11,2015	21,0737	38,5	8,4	53,1	30,8
3.	0,224	7,4952	1,8102	11,1545	20,4599	36,6	8,9	54,5	32,3
4.	0,224	8,7280	1,8880	11,1102	21,7262	40,2	8,7	51,1	33,6
5.	0,168	6,1686	1,2770	8,9426	16,3882	37,6	7,8	54,6	31,8
6.*)	0,112	3,2135*)	0,7248*)	5,5393	9,4776*)	33,9*)	7,7*)	58,4*)	31,8
7.	0,112	4,0682	0,8485	5,8880	10,8047	37,7	7,9	54,4	32,8
8.	0,112	4,1512	0,8599	5,7905	10,8016	38,4	8,0	53,6	32,9
9.	0,056	2,1726	0,4051	3,0165	5,5942	38,9	7,2	53,9	27,9
10.	0,056	2,0371	0,4691	3,1980	5,7042	35,7	8,2	51,6	26,5
11.	0,056	1,8306	0,4405	3,0512	5,3223	34,4	8,3	57,3	26,1
12.	0,028	1,0418	0,2376	1,7158	2,9952	34,8	7,9	57,3	24,2
13.	—	0,1174	0,3906		0,5080	23,1	76,9		14,7
14.	—	0,0444	0,3702		0,4146	10,7	89,3		14,8

*) Anmerkung. In dem Gefässe No. 6 war eine Aehre von Sperlingen ausgefressen worden. Die oben erwähnten Schutznetze waren im Jahre 1883 noch nicht angebracht.

1884.

Allgemeine Verhältnisse.

Culturgefässe — 24 cm hoch; 15/13 cm Durchmesser;
Sand pro Culturgefäss — 4600 g;
Bodenfeuchtigkeit während der Vegetation — schwankend von 15 bis 10 % (60—40 % d. wasserfass. Kraft des Sandes);
Versuchsfrucht — Hordeum distichum (Chevaliergerste);
Saatgut — absolutes Gewicht zwischen 31 und 36 mg, à Korn im Mittel 33,84 mg lufttrocken;
Aussaat — 14 Samen pro Culturgefäss; davon 7 nach dem Aufgehen wieder entfernt;
Vegetationszeit — angequellte Samen mit durchgebrochenem Würzelchen ausgelegt am 8. Mai,
Ernte 14. August bis 4. September;
Nährstoffe — ohne Beigabe von Calciumcarbonat pro Culturgefäss:

0,5444 g Kaliummonophosphat,
0,1492 „ Kaliumchlorid,
0,2400 „ Magnesiumsulphat und

Culturgefäss No.	Calciumnitrat g	darin Stickstoff g
15.	2,624	0,448
16.	2,624	0,448
17.	1,968	0,336
18.	1,968	0,336
19.	1,312	0,224
20.	1,312	0,224
21.	0,656	0,112
22.	0,656	0,112
23.	0,328	0,056
24.	0,328	0,056

Resultate:

Die Qualität unseres Saatgutes war in diesem Jahre, wie schon das absolute Gewicht der ausgesuchten Samen und gleich darauf noch mehr auffallende Unterschiede in der Keimungsenergie derselben zeigten, eine wenig gute. Als Folge davon war auch der Aufgang der Pflanzen minder günstig und der ganze Stand derselben bei Beginn der Versuche ungleichmässiger, als sonst; ja die ganze fernere Entwickelung verlief weniger zufriedenstellend.

Immerhin aber trat auch diesmal die Wirkung der verschiedenen Stickstoffgaben mit grosser Deutlichkeit und Entschiedenheit zu Tage.

Auffallend schädlich erwies sich der den beiden Nummern 15.

und 16. absichtlich gegebene Stickstoffüberschuss. Das Stroh der betreffenden Pflanzen wurde stark vom Roste befallen und die Körner nahmen beim reif werden statt des normal gelben einen missfarbigen bläulichen Ton an; überhaupt verlief das Ausreifen derselben durchaus anormal; lange nachdem die Samen der älteren Aehren schon ihr Chlorophyll verloren hatten und zu vertrocknen begannen, behielten die Grannen noch ihr grünes Aussehen, und die jüngsten Aehren, sowie die letzt getriebenen Seitensprosse wurden überhaupt nicht reif, obgleich man die Ernte der beiden betreffenden Nummern lediglich ihrethalben um ganze drei Wochen später vornahm, als die der anderen. Die Nummer 16 litt an den genannten Uebelständen ausnahmslos stärker als No. 15.

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben g	Anzahl der ährentragenden Halme	Anzahl der unfruchtbaren Triebe	Länge der 7 Stammhalme ohne Grannen cm	Anzahl der Aehrchen	Anzahl der Samen
15.	0,448	25	25	65—74	549	270
16.	0,448	18	24	61—72	409	212
17.	0,336	20	19	72—80	425	289
18.	0,336	19	17	74—96	402	276
19.*)	0,224	13*)	23	76—84	265	225
20.	0,224	17	24	71—82	314	240
21.	0,112	8	18	57—82	137	113
22.	0,112	7	15	58—74	137	99
23.	0,056	7	13	39—57	94	74
24.**)	0,056	7	10	40—51	82	66

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben g	Ertrag an Trockensubstanz Körner g	Spreu g	Stroh g	Summa g	Verhältniss Summa d. Ernte = 100 Körner	Spreu	Stroh	Ein Korn wog trocken i. Durchschn. mg
15.	0,448	9,896	3,636	17,503	31,035	31,9	11,7	56,4	36,7
16.	0,448	6,478	2,474	15,141	24,093	26,9	10,3	62,8	30,6
17.	0,336	9,875	2,634	14,308	26,817	36,8	9,8	53,4	34,2
18.	0,336	9,638	2,577	14,357	26,572	36,3	9,7	54,0	34,9
19.*)	0,224	6,254	1,590	10,612	18,456*)	33,9	8,6	57,5	27,8*)
20.	0,224	7,558	1,661	11,177	20,396	37,1	8,1	54,8	31,5
21.	0,112	3,679	0,723	5,808	10,210	36,0	7,1	56,9	32,6
22.	0,112	3,556	0,844	5,693	10,093	35,2	8,4	56,4	35,9
23.	0,056	2,001	0,467	3,160	5,628	35,6	8,3	56,1	27,0
24.**)	0,056	1,580	0,373	2,728	4,681**)	33,7	8,0	58,3	23,9**)

*) Anmerkung. In No. 19 war eine Pflanze durch Brand zerstört.
**) Anmerkung. In No. 24 eine Pflanze verkümmert.

1885.

Allgemeine Verhältnisse.

Culturgefässe — 24 cm hoch, 15/13 cm Durchmesser.

Sand pro Culturgefäss — 4600 g;

Bodenfeuchtigkeit — 15 bis 10 % (60 bis 40 % d. wasserfassend. Kraft des Sandes);

Versuchsfrucht — Hordeum distichum (Chevaliergerste);

Saatgut — spec. Gewicht zwischen 1,244 und 1,269; absolutes Gewicht zwischen 32 und 38 mg, à Korn im Mittel 36,4 mg lufttrocken;

Aussaat — 14 Samen pro Culturgefäss; davon 7 nach dem Aufgehen wieder entfernt;

Vegetationszeit — am 20. April Samen in dest. Wasser eingequellt; am 22. und 23. April mit ausgebrochenen Würzelchen in den Sand gebracht; Aufgang 27. und 28. April; Verziehen der Ausschusspflänzchen am 2. Mai; Ernte am 25. Juli;

Nährstoffe — pro Culturgefäss:

0,5444 g Kaliummonophosphat,
0,1492 „ Kaliumchlorid,
0,2400 „ Magnesiumsulphat und ausserdem

Culturgefäss No.	Calciumnitrat	darin Stickstoff	ferner vorher trocken beigemischt Calciumcarbonat*)	
	g	g	g	% des Sandes
25.	1,312	0,224	—	—
26.	1,312	0,224	—	—
27.	0,656	0,112	—	—
28.	0,656	0,112	—	—
29.	0,000	0,000	—	—
30.	0,000	0,000	—	—
31.	0,656	0,112	1,15	0,025
32.	0,656	0,112	1,15	0,025
33.	0,656	0,112	2,30	0,050
34.	0,656	0,112	23,00	0,500

*) Anmerkung: Im Jahre 1884 war das ganze Wachsthum unserer Versuchsgersten ein weniger günstiges gewesen, als im Jahre 1883, und es wurde schon oben bemerkt, dass der Grund hierfür in der schlechteren Qualität des ausgelegten Samens leicht zu finden war. Da aber im Jahre 1883 dem Boden vor Beigabe der Nährlösung noch ein Zusatz von Calciumcarbonat gegeben worden war, im Jahre 1884 aber nicht, und man möglicherweise geneigt sein konnte, diesem Punkte einen grösseren Werth beizulegen, als ihm nach den bei unsern älteren Versuchen gemachten Erfahrungen zukam, so nahmen wir davon Veranlassung, hier zur Beseitigung etwaiger Einwände die Versuche No. 31 bis 34 gelegentlich einzuschieben.

Resultate:

Aufgang und Stand der Pflänzchen bei Beginn des Versuchs gut und durchaus gleichmässig; Vegetation in hohem Grade zufriedenstellend und ohne irgend welche Störung bis zu Ende.

Ernte.

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben g	Calciumcarbonat gegeben g	Anzahl der ährentragenden Halme	Anzahl der unfruchtbaren Triebe	Länge der 7 Stammhalme ohne Grannen cm	Anzahl der Aehrchen	Anzahl der Samen
25.	0,224	—	12	21	69—79	304	247
26.	0,224	—	14	19	73—84	269	231
27.	0,112	—	8	12	61—69	153	100
28.	0,112	—	8	18	60—69	151	99
29.	—	—	7	—	16—22	18	3
30.	—	—	6	—	15—18	15	4
31.	0,112	1,115	11	16	49—67	187	134
32.	0,112	1.115	9	22	56—69	165	132
33.	0,112	2,30	12	14	49—66	198	137
34.	0,112	23,00	7	10	70—76	147	134

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben g	Ertrag an Trockensubstanz Körner g	Spreu g	Stroh g	Summa g	Verhältniss Summa d. Ernte = 100 Körner	Spreu	Stroh	Ein Korn wog trocken i. Durchschn. mg
25.	0,224	8,744	1,452	11,364	21,560	40,6	6,7	52,7	35,4
26.	0,224	9,954	1,876	11,554	23,384	42,6	8,0	49,4	43,1
27.	0,112	3,817	0,867	6,546	11,230	34,0	7,7	58,3	38,2
28.	0,112	3,479	0,797	6,651	10,927	31,8	7,3	60,9	35,1
29.	—	0,059	0,057	0,534	0,650	9,1	8,8	82,1	19,7
30.	—	0,047	0,035	0,462	0,544	8,6	6,5	84,9	11,8
31.	0,112	3,936	0,740	6,343	11,019	35,7	6,7	57,6	29,4
32.	0,112	4,070	0,814	6,367	11,251	36,2	7,2	56,6	30,8
33.	0,112	3,738	0,788	6,710	11,236	33,3	7,0	59,7	27,3
34.	0,112	3,721	0,926	5,672	10,319	36,1	8.9	55,0	27,8

PROPERTY LIBRARY
N. C. State College

B. Hafer.

1883.

Verhältnisse im Allgemeinen — genau dieselben wie bei den Gerste-Culturen vom Jahre 1883.

Culturgefässe, Sandmenge, Bodenfeuchtigkeit — wie dort.

Versuchsfrucht — Avena sativa (hiesiger Landhafer).

Saatgut — spec. Gewicht zwischen 1,060 und 1,094; absolutes Gewicht zwischen 41 und 47 mg lufttrocken; im Mittel à Korn 43,76 mg mit 12,25 % Feuchtigkeit.

Aussaat — 14 Samen pro Culturgefäss, wovon 7 wieder entfernt und 7 zur vollen Entwicklung stehen gelassen.

Vegetationszeit — Samen mit dest. Wasser zum Keimen angestellt am 16. April; mit hervorgebrochenem Würzelchen ausgelegt am 20. April;

Aufgang 26.—27. April;

Ernte am 1. August.

Nährstoffe pro Culturgefäss:

4 g Calciumcarbonat (trocken beigemischt)

0,5444 „ Kaliummonophosphat, } in Lösung
0,1492 „ Kaliumchlorid, } in Lösung
0,2400 „ Magnesiumsulphat } in Lösung

und ausserdem

Culturgefäss No.	Calciumnitrat g	darin Stickstoff g
35.	1,968	0,336
36.	1,312	0,224
37.	1,312	0,224
38.	0,984	0,168
39.	0,656	0,112
40.	0,656	0,112
41.	0,656	0,112
42.	0,328	0,056
43.	0,328	0,056
44.	0,328	0,056
45.	0,000	0,000
46.	0,000	0,000

Resultate:

Der Aufgang der Pflanzen war ein guter und der Stand der jungen Pflanzen zu Ende der ersten Vegetationswoche durch die ganze Versuchsreihe ein vortrefflich gleichmässiger.

Vom 4. Mai an liess sich zuerst bei den Nummern 45 und 46, welche gar keinen Stickstoff in der Nährlösung erhalten hatten, ein Zurückbleiben hinter den andern bemerken, welches bald immer deutlicher wurde: vom 10. Mai an wurde dieselbe Beobachtung an den Nummern 42 bis 44, die einen Zusatz von 56 mg Stickstoff erhalten hatten, gemacht und in der zweiten Hälfte des Mai spiegelte der Stand der Pflanzen den Stickstoffgehalt der Nährlösung schon durch die ganze Versuchsreihe getreulichst wieder.

Im weiteren Verlaufe der Vegetation trat eine einzige Störung insofern auf, als in dem Gefässe No. 39 einige Pflanzen erkrankten, von denen die eine vollständig verkrüppelte und ohne zur Halmbildung zu gelangen, zu Grunde ging. Die No. 39 wurde deshalb aus dem Versuche gänzlich ausgeschieden.

Bei der Ernte wurde gefunden:

Versuchs-Nummer	Stickstoff gegeben g	Anzahl der ährentragenden Halme	Anzahl der unfruchtbaren Triebe	Länge der 7 Stammhalme cm	Anzahl der Aehrchen	Anzahl der Samen*)
35.	0,336	14	17	83—100	372	677
36.	0,224	12	16	77— 95	250	450
37.	0,224	9	13	85—100	245	456
38.	0,168	8	18	81— 91	168	310
40.	0,112	7	17	65— 83	106	201
41.	0,112	7	14	69— 80	113	209
42.	0,056	7	7	54— 61	57	102
43.	0,056	7	11	42— 65	57	96
44.	0,056	7	7	43— 60	54	91
45.	0,000	6	1	6— 20	6	5
46.	0,000	6	1	10— 20	8	7

*) Anmerkung. Um einem hier möglichen Missverständniss vorzubeugen, sei ausdrücklich bemerkt, dass die geernteten Hafersamen normal entwickelt waren. Wenn das oben gegebene Durchschnittsgewicht pro Korn sehr niedrig erscheint und noch nicht halb so gross ist, wie das der zur Aussaat benutzten Samen, so ist zu bedenken, dass bei der Ernte die grösseren Körner aus dem ersten mit den kleineren aus den zweiten resp. dritten Blüthchen und selbst die unvollkommenen Samenanlagen, die bei der Ernte im Grossen in die Spreu gelangen, alle zusammengezählt und verrechnet worden sind: während zur Aussaat nur grosse, von ersten Blüthchen stammende Samen ausgesucht wurden.

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben	Ertrag an Trockensubstanz				Verhältniss Summa d. Ernte = 100			Ein Korn wog trocken i. Durchschn.
		Körner	Spreu	Stroh	Summa	Körner	Spreu	Stroh	
	g	g	g	g	g				mg
35.	0,336	12,2336	1,1314	16,8100	30,1750	40,6	3,7	55,7	18,1*)
36.	0,224	8,3769	0,8193	12,0770	21,2732	39,4	3,8	56,8	18,6
37.	0,224	8,6760	0,7409	12,0240	21,4409	40,5	3,4	56,1	19,0
38.	0,168	6,0862	0,5622	9,3490	15,9974	38,1	3,5	58,4	19,6
40.	0,112	4,1133	0,3381	6,5300	10,9814	37,4	3,1	59,5	20,5
41.	0,112	4,0286	0,3267	6,5860	10,9413	36,8	3,0	60,2	19,3
42.	0,056	2,0786	0,1638	3,6600	5,9024	35,2	2,8	62,0	20,4
43.	0,056	2,0253	0,1697	3,6560	5,8510	34,6	2,9	62,5	21,1
44.	0,056	1,6943	0,1464	3,4460	5,2867	32,1	2,7	65,2	18,6
45.	0,000	0,0417	0,3188		0,3605	11,6	88,4		8,3
46.	0,000	0,0648	0,3543		0,4191	15,5	84,5		9,2

1884.

Allgemeine Verhältnisse — genau wie bei den Gerstenculturen vom Jahre 1884;
Fruchtart — hiesiger Landhafer;
Saatgut — absolutes Gewicht zwischen 35 und 43 mg; à Korn im Mittel 39,91 mg lufttrocken; Wassergehalt: 12,4 %;
Aussaat — 14 Samen pro Culturgefäss; davon 7 nach dem Aufgehen wieder entfernt und 7 stehen gelassen;
Vegetationszeit — Samen mit dest. Wasser zum Keimen angestellt am 5. Mai;
in den Boden gebracht am 8. Mai,
Auflaufen 13. bis 14. Mai,
Ernte am 15. August;
Nährstoffe — ohne Beigabe von Calciumcarbonat pro Culturgefäss:
0.5444 g Kaliummonophosphat,
0,1492 „ Kaliumchlorid,
0,2400 „ Magnesiumsulphat und

Culturgefäss No.	Calciumnitrat g	darin Stickstoff g
47.	1,312	0,224
48.	1,312	0,224
49.	1,312	0,224
50.	0,656	0,112
51.	0,656	0,112
52.	0,656	0,112
53.	0,328	0,056
54.	0,328	0,056
55.	0,328	0,056

*) Siehe Anmerkung S. 26.

Resultate:

Der Aufgang der Versuchspflanzen war gut und der Stand derselben in der ersten Lebenswoche durch die ganze Reihe gleichmässig.

Der weitere Verlauf der Vegetation erwies sich als durchweg befriedigend, so dass er zu besonderen Bemerkungen keine Veranlassung bot.

Geerntet wurde:

Versuchs-Nummer	Stickstoff gegeben g	Anzahl der ährentragenden Halme	Anzahl der unfruchtbaren Triebe	Länge der 7 Haupthalme cm	Anzahl der Aehrchen	Anzahl der ausgebildeten Samen	Anzahl der unfertig.*) Samenanlagen
47.	0,224	10	26	82—102	264	440	40
48.	0.224	9	21	84—100	270	429	34
49.	0,224	8	17	88—102	254	424	30
50.	0,112	7	14	68— 82	112	194	13
51.	0,112	7	12	69— 85	104	170	16
52.	0,112	7	16	55— 84	124	172	17
53.	0,056	7	7	44— 70	52	70	27
54.	0,056	7	2	46— 61	51	72	20
55.	0,056	7	5	50— 68	53	80	17

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben g	Ertrag an Trockensubstanz Körner g	Spreu g	Stroh g	Summa g	Verhältniss Summa d. Ernte = 100 Körner	Spreu	Stroh	Ein Korn wog trocken i. Durchschn. mg
47.	0,224	10,372	0,894	11,464	22,730	45,7	3,9	50,4	23,6
48.	0,224	8,821	0,776	11,810	21,407	41,2	3,6	55,2	20,6
49.	0,224	9,903	0,826	11,214	21,943	45,1	3,8	51,1	23,4
50.	0,112	4,556	0,311	5,827	10,694	42,6	2,9	54,4	23,5
51.	0,112	4,639	0,349	6,070	11,058	41,9	3,2	54,9	27,3
52.	0,112	4,135	0,331	5,424	9,890	41,8	3,3	54,9	24,0
53.	0,056	1,992	0,165	3,569	5,726	34,8	2,9	62,3	28,5
54.	0,056	1,907	0,154	3,067	5,128	37,2	3,0	59,8	26,5
55.	0,056	2,083	0,163	3,553	5,799	35,9	2,8	61,3	26,0

*) Anmerkung. Die „unfertigen Samenanlagen", die im gewöhnlichen Leben als „taube Körner" bezeichnet, ohne ausgebildetes Sameneiweiss fast nur aus den zusammengewachsenen Spelzen bestehen, und leicht daran zu erkennen sind, dass sie sich ohne Kraftaufwand leicht zusammendrücken und knicken lassen, wurden in diesem und den ferneren Jahren nicht mehr den Körnern sondern der Spreu beigegeben und als solche mit verwogen.

1885.

Allgemeine Verhältnisse — genau wie bei den Gerstenculturen vom Jahre 1885;

Fruchtsaat — hiesiger Landhafer;

Saatgut — absolutes Gewicht zwischen 36 und 48 mg; à Korn im Durchschnitt 41,9 mg lufttrocken;

Aussaat — 14 Samen pro Culturgefäss, wovon 7 wieder entfernt wurden und 7 zur weiteren Entwickelung gelangten;

Vegetationszeit — Samen am 20. April mit destillirtem Wasser zum Keimen angestellt;
nach Ausbrechen des Würzelchens am 23. April in den Boden gebracht;
aufgelaufen am 27. April;
Ernte am 21. Juli;

Nährstoffe — pro Culturgefäss:
0.5444 g Kaliummonophosphat,
0,1492 „ Kaliumchlorid,
0,2400 „ Magnesiumsulphat
und ausserdem

Culturgefäss	Calciumnitrat	darin Stickstoff	ferner vorher trocken beigemischt Calciumcarbonat	
No.	g	g	g	% des Sandes
56.	1,312	0,224	—	—
57.	1,312	0,224	—	—
58.	0,656	0,112	—	—
59.	0,656	0,112	—	—
60.	0,000	0,000	—	—
61.	0,000	0,000	—	—
62.	0,656	0,112	1,15	0,025
63.	0,656	0,112	1,15	0,025
64.	0,656	0,112	2,30	0,050
65.	0,656	0,112	23,00	0,500

Resultate:

Der Stand der jungen Pflänzchen war bei Beginn des Versuches gut und durch die ganze Reihe gleichmässig; ebenso verlief die Vegetation befriedigend bis zu Ende; bemerkenswerthe Störungen irgend welcher Art waren nicht zu verzeichnen.

Bei der Ernte erhielt man:

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben g	Calciumcarbonat gegeben g	Anzahl der ährentragenden Halme	Anzahl der unfruchtbaren Triebe	Länge der Stammhalme cm	Anzahl der Aehrchen	Anzahl der ausgebildeten Samen
56.	0,224	—	8	13	98—117	259	423
57.	0,224	—	8	13	94—115	242	427
58.	0,112	—	7	7	74—98	148	227
59.	0.112	—	7	10	70—83	146	169
60.	—	—	8	0	23—30	10	7
61.	—	—	7	0	22—28	9	8
62.	0,112	1,15	7	10	73—91	123	197
63.	0,112	1,15	7	11	70—87	124	214
64.	0,112	2,30	7	5	74—85	106	174
65.	0,112	23,00	8	3	68—85	135	164

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben g	Ertrag an Trockensubstanz Körner g	Spreu g	Stroh g	Summa g	Verhältniss Summa d. Ernte = 100 Körner	Spreu	Stroh	Ein Korn wog trocken i. Durchschn. mg
56.	0,224	9,674	1,395	11,688	22,757	42,5	6,1	51,4	22,9
57.	0,224	9,640	1,473	11,263	22,376	43,1	6,6	50,3	22,6
58.	0,112	5,051	0,814	6,680	12,545	40,3	6,5	53,2	22,3
59.	0,112	3,922	0,842	6,513	11,277	34,8	7,5	57,7	23,2
60.	—	0,190	0,038	0,443	0,671	28,3	5,7	66,0	27,1
61.	—	0,109	0,033	0,450	0,592	18,4	5,6	76,0	13,6
62.	0,112	4,685	0,742	6,272	11,699	40,0	6,4	53,6	23,8
63.	0,112	4,711	0,661	6,421	11,793	40,0	5,6	54,4	22,0
64.	0,112	3,895	0,571	5,276	9,742	40,0	5,8	54,2	22,4
65.	0,112	4,133	1,018	6,770	11,921	34,7	8,5	56,8	25,2

C. Erbsen.

1883.

Allgemeine Verhältnisse — dieselben wie bei den Gerste- und Hafer-Culturen vom Jahre 1883;

Culturgefässe, Sandmenge, Bodenfeuchtigkeit — wie dort;

Fruchtart — frühe, gelbe Felderbse;

Saatgut — absolutes Gewicht zwischen 164 und 180 mg, im Mittel à Korn 172,2 mg mit 10,39 % Feuchtigkeit;

Aussaat — 6 Samen pro Culturgefäss, von denen nur 3 Pflanzen zur Entwicklung stehen gelassen, 3 aber acht Tage nach dem Aufgehen incl. des daran hängenden Samenrestes wieder entfernt wurden; (das Trockengewicht dieser weggenommenen Ausschusspflänzchen schwankte in den verschiedenen Gefässen von 0,328 bis 0,487 g und betrug pro 1 Pflänzchen im Durchschnitt 0,133 g.)

Vegetationszeit — Samen mit destillirt. Wasser zum Keimen angestellt am 7. April und mit hervorgetretenen Würzelchen in's Land gebracht am 9. April;

Aufgang den 18. bis 20. April;

Ernte: wegen ungleichen Reifens verschieden in der Zeit vom 1. bis 20. August;

Nährstoffe pro Culturgefäss

4 g Calciumcarbonat (trocken beigemischt)

0,5444 g Kaliummonophosphat,
0,1492 „ Kaliumchlorid,
0,2400 „ Magnesiumsulphat
} in Lösung

und ausserdem

Culturgefäss No.	Calciumnitrat g	darin Stickstoff g
66.	1,968	0,336
67.	1,312	0,224
68.	1,312	0,224
69.	0,984	0,168
70.	0,656	0,112
71.	0,656	0,112
72.	0,656	0.112
73.	0,328	0,056
74.	0,328	0,056
75.	0,328	0,056
76.	0,164	0,028
77.	0,000	0,000
78.	0,000	0,000
79.	0,000	0,000

Resultate:

Der Aufgang der Erbsen war gut, der Stand der jungen Pflänzchen gleichmässig. Noch am Ende der zweiten Vegetationswoche war irgend welcher Unterschied in der ganzen Versuchsreihe nicht zu entdecken.

In der dritten Woche fing die Wirkung der Stickstoffgabe an sich zu zeigen und zwar zunächst nicht durch ein vermehrtes Wachsthum der in stickstoffhaltiger Nährlösung stehenden Pflanzen, sondern nur durch ihre Farbe; die Pflanzen der in den drei ohne Zusatz von Calciumnitrat gelassenen Nummern 77 bis 79 waren im Gegentheil etwas höher als die übrigen, aber ihre Farbe war hellgrün, während die andern dunkelgrün aussahen, und um so dunkler, je mehr Stickstoff ihnen in der Nährlösung gegeben worden war.

In der vierten Woche traten auch die entsprechenden Unterschiede im Wachsthum hervor, indem die Nummern 77 bis 79 hinter den übrigen zurückblieben und allmählig in den ausgesprochenen Hungerzustand übertraten, der sich dadurch documentirt, dass jedes neugebildete Blatt kleiner ist, als das vorhergehende und während der Entwicklung desselben das älteste noch lebende Blatt ausgepumpt wird und vertrocknet.

Die übrigen Nummern wuchsen währenddem normal und ihrer Ernährung entsprechend vorwärts, so dass am Ende der sechsten Vegetationswoche die ganze Versuchsreihe in ihrem Stande die Höhe der erhaltenen Stickstoffgaben ebenso präcis und getreu wiederspiegelte, wie die entsprechenden Versuchsreihen mit Gerste und Hafer.

In der siebenten Woche aber begann sich dies Bild und zwar ziemlich plötzlich und unvermittelt zu ändern.

Während die Nummer 77 in ihrem Hungerzustande weiter verharrte, traten zunächst zwei Pflanzen der Nummer 79 und etwas später zwei Pflanzen der Nummer 78 aus demselben heraus, indem zunächst das jüngste Blatt und bald darauf auch die übrigen noch lebenden Theile ihre kränkliche gelbgrüne Farbe in ein gesundes Grün umwandelten, dann die Fiederblättchen des neu hervorbrechenden Blattes sich kräftiger und breiter entwickelten, als die des vorhergehenden, ohne dass dafür ein älteres Organ aufgezehrt wurde, und nun ein rasches, energisches Wachsthum begann.

Da gleichzeitig von den mit stickstoffhaltiger Nährlösung bedachten Pflanzen verschiedene in ihrer Weiterentwickelung stehen geblieben waren, oder nachgelassen hatten, so kam es, dass die Mehrzahl der letzteren schon in der 11. Vegetationswoche von der Nummer 79 eingeholt resp. überholt, und dass zu dieser Zeit von einer Uebereinstimmung zwischen dem Stande der Erbsen uud der dem Boden zugeführten Stickstoffmenge nicht im Geringsten mehr die Rede sein konnte.

In der zweiten Hälfte des Juli wurden sämmtliche Pflanzen von Mehlthau befallen, auch stark von Blattläusen heimgesucht, so dass, obgleich dies erst kurz vor der Reife geschah, der Abschluss der Vegetation nicht voll befriedigte.

Ernte.

Versuchs-No	Stickstoff gegeben g	Pflanze	Fruchttragende Seitentriebe	Stengelhöhe cm	Anzahl der Früchte	Anzahl der Samen	Bemerkung
66.	0,336	a.	1	81	6	14	
		b.	—	77	2	3	
		c.	—	75	2	6	
67.	0,224	a.	—	86	6	14	
		b.	—	76	5	9	
		c.	1	57	4	5	
68.	0,224	a.	—	70	3	6	
		b.	—	58	3	5	
		c.	1	54	4	7	
69.	0,168	a.	—	68	3	5	
		b.	—	68	3	6	
		c.	—	68	2	5	
70.	0,112	a.	—	71	3	4	
		b.	—	53	4	2	
		c.	—	48	1	2	
71.	0,112	a.	—	73	5	11	
		b.	—	69	4	7	
		c.	—	70	6	10	2 Samen von Maden zerfress.
72.	0,112	a.	—	80	7	14	
		b.	—	61	3	7	
		c.	—	54	1	2	
73.	0,056	a.	—	26	—	—	
		b.	—	25	—	—	
		c.	—	22	—	—	
74.	0,056	a.	—	52	5	5	
		b.	—	36	3	3	
		c.	1	36	3	4	2 Samen von Maden zerfress.
75.	0,056	a.	—	30	—	—	
		b.	—	28	—	—	
		c.	—	22	—	—	
76.	0,028	a.	—	35	2	2	1 Same von Maden verzehrt.
		b.	—	29	—	—	
		c.	—	19	—	—	
77.	0.000	a.	—	14	—	—	
		b.	—	13	—	—	
		c.	—	12	—	—	

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben g	Pflanze	Fruchttragende Seitentriebe	Stengelhöhe cm	Anzahl der Früchte	Anzahl der Samen	Bemerkung
78.	0,000	a.	—	45	5	7	
		b.	—	41	3	7	
		c.	—	18	—	—	
79.	0,000	a.	—	51	5	11	
		b.	—	34	2	8	
		c.	—	28	5	—	

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben g	Ertrag an Trockensubstanz Körner g	Spreu g	Stroh g	Summa g	Verhältniss Summa d. Ernte = 100 Körner	Spreu	Stroh	Ein Korn wog trocken i. Durchschn. mg
66.	0,336	3,2757	0,8948	7,1815	11,3520	28,9	7,9	63,2	142,4
67.	0,224	2,6920	0,8958	6,1374	9,7252	27,7	9,2	63,1	96,1
68.	0,224	1,5055	0,6243	4,5160	6,6458	22,6	9,4	68,0	83,6
69.	0,168	1,5575	0,5484	3,5126	5,6185	27,7	9,8	62,5	97,4
70.	0,112	0,6785	0,3444	3,8917	4,9146	13,8	7,0	79,2	84,8
71.	0,112	3,5943	0,8848	5,2880	9,7671	36,8	9,1	54,1	138,2
72.	0,112	2,5809	0,7148	5,2012	8,4969	30,4	8,4	61,2	112,2
73.	0,056	—	—	1,3037	1,3037	—	—	100,0	—
74.	0,056	0,5991	0,5910	2,9382	4,1283	14,5	14,3	71,2	59,9
75.	0,056	—	—	0,9776	0,9776	—	—	100,0	—
76.	0,028	0,0438	0,0926	1,6191	1,7555	2,5	5,3	92,2	43,8
77.	0,000	—	—	0,5508	0,5508	—	—	100,0	—
78.	0,000	1,1903	0,4289	1,8768	3,4960	34,0	12,3	53,7	85,0
79.	0,000	1,4270	0,6131	3,1933	5,2334	27,3	11,7	61,0	75,1

1884.

Allgemeine Verhältnisse — wie bei den Gerste- und Haferculturen vom Jahre 1884.

Fruchtart — frühe gelbe Felderbse;

Saatgut — absolutes Gewicht zwischen 170 und 190 mg; à Same im Durchschnitt 181,2 mg lufttrocken (mit 12,6 % H_2O);

Aussaat — 4 Samen pro Culturgefäss, wovon 2 nach dem Aufgehen wieder entfernt wurden;

Vegetationszeit — Samen mit destillirtem Wasser zum Keimen angestellt am 5. Mai;

Aufgang am 16. bis 17. Mai;

Ernte am 28. August;

Nährstoffe —: Da wir uns nicht verhehlen konnten, dass die ganze Entwicklung der Erbsen im vorigen Jahre nicht in gleicher Weise befriedigte wie die der Gramineen, so beschlossen wir, die Nährstoffe diesmal in etwas anderer Form und Menge zu geben

— besonders bezüglich der Phosphorsäure und des Kalis, und zwar erhielten pro Culturgefäss:

Versuchs-No.	Kalium-monophosphat	Calcium-monophosphat	Kalium-chlorid	Magnesium-sulphat	Calcium-nitrtat	darin Stickstoff	und vorher trocken beigemischt Calciumcarbonat
	g	g	g	g	g	g	g
80.	0,2722	0,4680	0,5968	0,1800	1,968	0,336	4
81.	0,2722	0,4680	0,5968	0,1800	1,640	0,280	4
82.	0,2722	0,4680	0,5968	0,1800	1,312	0,224	4
83.	0,2722	0,4680	0,5968	0,1800	1,312	0,224	40
84.	0,2722	0,4680	0,5968	0,1800	0,984	0,168	4
85.	0,2722	0,4680	0,5968	0,1800	0,656	0,112	4
86.	0,2722	0,4680	0,5968	0,1800	0,656	0,112	40
87.	0,2722	0,4680	0,5968	0,1800	0,328	0,056	4
88.	0,2722	0,4680	0,5968	0,1800	0,328	0,056	40
89.	0,2722	0,4680	0,5968	0,1800	0,164	0,028	4
90.	0,2722	0,4680	0,5968	0,1800	—	—	4
91.	0,2722	0,4680	0,5968	0,1800	—	—	40
92.	0,1361	0,1170	0,5968	0,1800	0,984	0,168	4
93.	0,0680	0,0585	0,5968	0,1800	0,984	0,168	4

Resultate:

Der Aufgang war gut, der Stand der jungen Pflänzchen bei Beginn des Versuchs vortrefflich und innerhalb der ersten drei Vegetationswochen durch die ganze Versuchsreihe so ausgeglichen, dass bei keiner Nummer ein Unterschied zu verzeichnen war.

Im Beginn der vierten Woche machte sich die Wirkung der Stickstoffgabe geltend und zwar wiederum zuerst durch die dunklere Färbung und etwas später durch das kräftigere Wachsthum der mit Calciumnitrat bedachten Nummern.

Ziemlich gleichzeitig begannen die beiden ohne Stickstoff gelassenen Nummern 90 und 91 in den Hungerzustand einzutreten, ihre Farbe wurde gelb, die neu gebildeten Blätter erschienen in immer kleinerem Format und die ältesten vertrockneten.

Am Schlusse der sechsten Vegetationswoche bildeten die Pflanzen von No. 91 bis nach No. 80 hin eine schöne, regelmässig aufsteigende Reihe, die genau mit der zugeführten Stickstoffmenge correspondirte.

Dann trat wieder wie im Jahre 1883 rasch und ruckweise eine Veränderung ein, die bald die ganze Reihe in vollständige Unordnung brachte.

Die beiden Pflanzen von No. 90 wurden mit einem Male grün, fingen an zu wachsen und zwar mit einer solchen Energie, dass sie bald allen übrigen gleich kamen und schon in der zehnten Vegetationswoche weitaus die besten der ganzen Reihe waren.

Die Pflanzen von der gleichfalls ohne Stickstoffzusatz gelassenen No. 91 hungerten noch ein paar Wochen weiter, erholten sich dann zwar auch und fingen an zu produziren, ohne aber je auch nur eine annähernde Energie zu entfalten, wie die der Schwesternummer.

In den mit Zugabe von Calciumnitrat versehenen Gefässen entwickelten sich die Pflanzen weiter, ohne bemerkenswerthe Störungen zu zeigen, aber in dem einen mehr, in dem anderen weniger freudig und zwar offenbar ohne jeden Zusammenhang mit der gegebenen Menge von Bodenstickstoff.

Im Grossen und Ganzen war das Wachsthum unserer Versuchserbsen im Jahre 1884 ein wesentlich besseres als im Vorjahre.

Bei der Ernte wurde gefunden:

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben	Pflanze	Fruchttragende Seitentriebe	Stengelhöhe	Anzahl der Früchte mit Samen	Anzahl der Früchte ohne Samen	Anzahl der Samen
				cm			
80.	0,336	a.	—	72	2	—	11
		b.	1	68	3	—	14
81.	0,280	a.	—	70	3	—	12
		b.	—	69	2	—	10
82.	0,224	a.	—	71	2	—	14
		b.	—	71	2	—	11
83.	0,224	a.	1	75	4	1	14
		b.	—	71	2	—	8
84.	0,168	a.	1	74	4	—	22
		b.	—	67	2	—	14
85.	0,112	a.	1	82	6	—	28
		b.	1	78	6	—	23
86.	0,112	a.	1	73	4	—	15
		b.	—	63	3	—	8
87.	0,056	a.	—	77	2	—	12
		b.	1	74	4	—	19
88.	0,056	a.	1	71	4	2	12
		b.	—	68	3	—	12
89.	0,028	a.	—	74	3	—	14
		b.	1	72	6	—	22
90.	—	a.	1	96	7	1	40
		b.	1	84	7	—	30
91.	—	a.	—	68	2	—	11
		b.	—	64	2	—	9
92.	0,168	a.	—	66	3	—	9
		b.	—	61	2	1	5
93.	0,168	a.	—	70	2	—	10
		b.	1	60	3	—	10

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben	Ertrag an Trockensubstanz				Verhältniss Summa d. Ernte = 100			Ein Korn wog trocken i. Durchschn.
		Körner	Spreu	Stroh	Summa	Körner	Spreu	Stroh	
	g	g	g	g	g				mg
80.	0,336	4,083	1,287	4,249	9,619	42,4	13,4	44,2	163,3
81.	0,280	3,873	1,203	5,472	10,548	36,7	11,4	51,9	175,9
82.	0,224	3,314	0,754	5,269	9,337	35,5	8,1	56,4	132,6
83.	0,224	3,572	1,341	6,666	11,579	30,8	11,6	57,6	162,4
84.	0,168	5,885	1,287	4,192	11,364	51,8	11,3	36,9	163,5
85.	0,112	8,800	2,091	7,802	18,693	47,1	11,2	41,7	172,5
86.	0,112	3,260	1,102	4,105	8,467	38,5	13,0	48,5	141,7
87.	0,056	5,616	1,256	7,174	14,046	40,0	8,9	51,1	181,2
88.	0,056	3,270	1,146	4,739	9,155	35,7	12,5	51,8	136,3
89.	0,028	6,081	1,349	6,381	13,811	44,0	9,8	46,2	168,9
90.	—	13,947	3,255	11,281	28,483	49,0	11,4	39,6	199,2
91.	—	3,025	0,849	3,312	7,186	42,1	11,8	46,1	151,3
92.	0,168	1,631	0,758	3,642	6,031	27,0	12,6	60,4	116,5
93.	0,168	2,094	0,834	3,146	6,074	34,5	13,7	51,8	104,7

1885.

Allgemeine Verhältnisse.

Culturgefässe — 24 cm hoch; 15/13 cm im Durchmesser;

Sand per Culturgefäss — 4000 g;

Bodenfeuchtigkeit während der Vegetation — schwankend von 15 bis 10 % (= 60 bis 40 % der wasserfass. Kraft des Sandes);

Fruchtart — Erbse „Ruhm von Cassel“;

Saatgut — absolutes Gewicht zwischen 200 und 250 mg; im Mittel à Korn 231 mg lufttrocken; Feuchtigkeit 12,6 %;

Aussaat — 6 Samen pro Culturgefäss ausgelegt, wovon 4 als Ausschusspflänzchen wieder entfernt und 2 zur Entwicklung stehen gelassen wurden;

Vegetationszeit — Samen mit destillirtem Wasser angekeimt am 30. März, mit hervorgebrochenem Würzelchen eingesäet am 2. April;
Auflaufen der Saat am 6. und 7. April;
Ernte wegen ungleichen Reifens an verschiedenen Tagen und zwar die Nmmern: 110, 111, 116, 117, 98, 100 und 101 am 16. Juli,
102, 113, 115 und 97 . . . . . „ 18. „
107, 112, 114 und 95 . . . . . „ 21. „
104 . . . . . „ 3. August,
94 und 96 . . . . . „ 5. „
105 und 108 . . . . . „ 12. „
103, 106, 109 und 99 . . . . . „ 17. „

Nährstoffe — wie oben erwähnt, hatten wir, weil uns die Entwicklung der Erbsen im Jahre 1883 nicht befriedigte, im Jahre 1884 die Nährstofflösung für diese Versuchsfrucht verändert, und konnten ja in der That auch ein günstigeres Wachsthum in derselben verzeichnen; eine Reihe anderer behufs Orientirung im Jahre 1884 ausgeführter Versuche aber, die als nicht streng hierher gehörig nicht speciell beschrieben werden sollen, hatte uns wieder die Ueberzeugung verschafft, dass sich sehr wohl auch mit der alten Nährlösung eine gute Erbsenvegetation erzielen lasse, und so nahmen wir keinen Anstand, die Nährstoffgaben für die Erbsen im Jahre 1885 wieder mit denen für Gerste und Hafer ganz gleich zu gestalten; es erhielten demnach zunächst alle Nummern pro Culturgefäss:

0,5444 g Kaliummonophosphat,
0,1492 „ Kaliumchlorid,
0,2400 „ Magnesiumsulphat

und ausserdem

Culturgefäss Nummer	Calciumnitrat g	darin Stickstoff g	ferner Calciumcarbonat g	ferner Calciumcarbonat % des Sandes
94. u. 95.	0,656	0,112	1	0,025
96. u. 97.	0,656	0,112	4	0,100
98. u. 99.	0,656	0,112	10	0,250
100. u. 101.	0,656	0,112	20	0,500
102. u. 103.	0,000	0,000	0	0,000
104. u. 105.	—	—	0,4	0,010
106. u. 107.	—	—	1	0,025
108. u. 109.	—	—	2	0,050
110. u. 111.	—	—	4	0,100
112. u. 113.	—	—	10	0,250
114. u. 115.	—	—	20	0,500
116. u. 117.	—	—	40	1,000

Resultate:

Der Aufgang war in Folge der während der ersten Aprilwoche herrschenden Kälte weniger gut und weniger gleichmässig als sonst.

Dadurch aber, dass wir diesmal von den je sechs aufgelaufenen Pflänzchen vier wieder entfernten und nur zwei stehen liessen, gelang es doch, eine sehr befriedigende Ausgeglichenheit durch die ganze Versuchsreihe herzustellen, und in der That war während der zweiten und dritten Vegetationswoche in dem Stande der 24 Pflanzenpaare kein Unterschied zu bemerken.

Mit dem Beginn der vierten Vegetationswoche begann die Stickstoffwirkung sich bemerkbar zu machen und wurde rasch sehr auffallend;

die Pflanzen No. 94 bis 101 wurden dunkelgrün und wuchsen sichtlich normal und ohne Unterbrechung vorwärts; — die der Nummern 102 bis 117 nahmen eine gelbe Farbe und ein kränkliches Aussehen an, blieben in der Entwicklung stehen und begannen theilweise sich selbst aufzuzehren.

Dieser Zustand dauerte bis gegen Ende der fünften Vegetationswoche; am 9. Mai standen die acht mit Stickstoffzugabe versehenen Nummern alle gleich gut, die 16 ohne eine solche gelassenen ohne Ausnahme gleich schlecht.

Von da an änderte sich die Sache wieder, indem die in stickstoffloser Nährstofflösung stehenden Pflanzen nach und nach wieder aus ihrer Hungerperiode heraustraten. Diese Aenderung kennzeichnet sich, wie schon erwähnt, dadurch, dass die Pflanzen ihre bleichgelbe Farbe verlieren, normal grün werden und wachsen, und ist so charakteristisch, dass sich ihr Beginn bei sorgfältiger Beobachtung auf den Tag bestimmen lässt. Sie trat bei den 16 Controllenummern weder gleichzeitig noch gleich energisch ein, aber wie rasch und wie auffallend sie verlaufen kann, lehren folgende zwei Beispiele:

Am 10. Mai zeigte sich bei den beiden Hungerpflanzen der Nummer 105 als den ersten das Grünwerden des jüngsten Blattes;

schon am 13. Mai waren die ganzen Pflanzen normal grün, so dass sie sich von den mit Stickstoff ernährten Erbsen nicht mehr in der Farbe, sondern nur in der Grösse unterschieden;

vierzehn Tage später hatten sie die in stickstoffhaltiger Nährlösung immer ruhig vorwärtswachsenden Pflanzen auch in der Grösse eingeholt und

am 25. Juni waren sie diesen in der Entwicklung schon weit voraus (Beginn der Blüthenperiode).

Diesem Vorgange folgten getreulich die beiden Hungerpflanzen der Nummer 109;

bei ihnen begann das Ergrünen am 12. Mai,

war vollendet am 16. Mai,

am 5. Juni standen sie mit den in stickstoffhaltiger Nährlösung wachsenden Pflanzen in der Entwicklung gleich und

Mitte Juni schon hatten sie dieselben sichtlich überholt.

Die ganze Vegetation der vier Pflanzen der Nummern 105 und 109 bot ebenso wie die der beiden Pflanzen von No. 90 aus dem Jahre 1884 des Auffälligen viel. Nachdem sie einmal den ursprünglichen Hungerzustand überwunden hatten, erinnerte nichts mehr daran, dass sie in einem stickstofflosen Boden standen, ihre Entwicklung war eine ungewöhnlich rapide, mit ihren breit angelegten, saftigen Organen und ihrer dunkeln schwarzgrünen Färbung stellten sie rechte Urbilder von von Stickstoff-Ueberschuss strotzenden Pflanzen dar.

Bei den übrigen ohne Stickstoffzugabe gelassenen Versuchsnummern wurde ein gleiches Verhalten nicht beobachtet; dieselben traten später und

ungleichmässig, einzelne Pflanzen auch gar nicht aus dem Hungerzustande heraus, und in Folge dessen holten nur noch einzelne die mit Stickstoffnahrung versehenen Erbsen im Wachsthume ein, ohne sie aber zu übertreffen, andere blieben hinter denselben zurück, andere produzirten überhaupt nicht.

In den mit Stickstoffzusatz versehenen acht Versuchsnummern war die Entwicklung der Pflanzen von Anfang bis Ende der Vegetation eine ruhige, stetige und anscheinend normale.

Bei der Ernte wurde gefunden:

Versuchs-No.	Pflanze	Zahl der Nebenzweige	Stengelhöhe cm	Zahl der Früchte mit Samen	Zahl der Früchte ohne Samen	Zahl der Samen	Trockensubstanz Samen g	Spreu g	Stroh g	Samen g
94	a.	1	104.0	7	—	29	7.063	1.647	4.447	13.157
	b.	1	101.5	5	—	18	4.229	0,975	3,999	9.203
95	a.	2	107.4	4	—	17	4.428	1,040	3.768	9.236
	b.	1	92.0	5	—	21	4,042	0,742	2.935	7,719
96	a.	—	90,3	4	—	15	2,436	0.759	4,338	7,533
	b.	1	95.7	6	—	19	3.809	1.283	5.851	10,943
97	a.	—	88.2	6	—	21	3,973	1,007	2,445	7,425
	b.	—	102.0	8	—	25	5.225	1,348	4.571	11,144
98	a.	2	82.0	6	—	20	4.244	1.161	3.509	8,914
	b.	1	100.5	6	—	30	5.685	1.322	4,732	11,739
99	a.	1	108,0	7	—	24	5.375	1.337	4.151	10,863
	b.	—	105.5	6	1	18	3.908	1.471	3.982	9,361
100	a.	1	98.3	5	—	23	4.082	1.157	3.644	8.883
	b.	—	113.0	7	—	27	4.668	1.408	3.503	9.579
101	a.	2	100.0	8	1	23	4.549	1,234	4.415	10,198
	b.	1	104.4	8	—	21	3.811	1,165	3,531	8,507
102	a.	1	72,5	7	—	22	4.689	0,994	2,436	8.119
	b.	2	53.2	4	—	13	2.284	0,410	1.278	3.972
103	a.	—	29.8	1	—	4	0.627	0,120	0.784	1.531
	b.	—	55.5	3	1	9	1.845	0,476	1.184	3.505
104	a.	1	45.0	2	—	3	0.646	0.222	0,936	1,804
	b.	—	44.5	2	—	6	1.099	0.233	0,654	1,986
105	a.	1	115.0	14	—	33	6,544	2.551	7,996	17,091
	b.	1	110.0	9	1	28	5.882	2.319	7.885	16,056
106	a.	—	82,5	3	—	11	2,064	0,507	2.195	4.766
	b.	1	22.0	3	—	5	0,924	0,383	1,166	2,473
107	a.	—	40,5	1	—	2	0,311	0,095	0,513	0,919
	b.	—	41.0	2	—	3	0,432	0,150	0,482	1,064
108	a.	—	84.5	6	—	19	3.934	0,996	3.014	7.944
	b.	—	75.0	3	—	9	1.760	0,378	1.054	3.192
109	a.	1	94.4	8	—	27	5,712	1.830	5,652	13.192
	b.	—	120.6	9	3	27	5,998	1,928	6.696	14,622
110	a.	—	63.0	3	—	7	1.280	0,402	1,049	2.731
	b.	—	48.5	3	—	7	1.146	0,358	0,859	2.363

Versuchs-No.	Pflanze	Zahl der Nebenzweige	Stengelhöhe cm	Zahl der Früchte mit Samen	Zahl der Früchte ohne Samen	Zahl der Samen	Trockensubstanz Samen g	Trockensubstanz Spreu g	Trockensubstanz Stroh g	Trockensubstanz Samen g
111	a.	—	74.6	6	—	16	3.211	0,949	1.626	5.786
	b.	—	80.0	5	—	18	3.758	0.975	2.232	6,965
112	a.	1	85.5	7	—	19	3.821	1.154	3.634	8.609
	b.	—	74.5	3	—	7	1.161	0.350	1.297	2.808
113	a.	—	75.8	4	—	12	2.113	0.580	1,576	4.269
	b.	—	83.0	4	—	18	3,525	0.864	2.550	6,939
114	a.	—	66.0	4	—	9	1.242	0.568	1.323	3.133
	b.	—	61.0	4	—	10	1.385	0.552	1.204	3.141
115	a.	1	17.0	1	—	2	0.245	0.102	0.342	0.689
	b.	1	16.0	2	—	3	0.430	0,224	0.375	1,029
116	a.	—	74.5	4	—	10	1.792	0,584	1.524	3.900
	b.	—	77.3	4	—	17	2,720	0.873	2.206	5.799
117	a.	—	41.7	0	—	0	—	—	0.630	0.630
	b.	—	78.6	4	1	17	3.243	1.212	2.548	7.003

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben g	Ertrag an Trockensubstanz Samen g	Spreu g	Stroh g	Summa g	Verhältniss Summa d. Ernte = 100 Samen	Spreu	Stroh	Ein Korn wog trocken i. Durchschn. mg
94.	0,112	11,292	2,622	8,446	22,360	50,5	11,7	37,8	240,3
95.	0,112	8,470	1,782	6,703	16,955	50,0	10,5	39,5	222,9
96.	0,112	6,245	2,042	10,189	18,476	33,8	11,1	55,1	183,7
97.	0,112	9,198	2,355	7,016	18,569	49.5	12,7	37,8	200,0
98.	0,112	9,929	2,483	8,241	20 653	48,1	12,0	39,9	198,6
99.	0,112	9,283	2,808	8,133	20,224	45,9	13,9	40,2	221,0
100.	0,112	8,750	2,565	7,147	18,462	47,4	13.9	38,7	175,0
101.	0,112	8,360	2,399	7,946	18,705	44,7	12,8	42,5	190,0
102.	—	6,973	1,404	3,714	12,091	57,7	11,6	30,7	199,2
103.	—	2,472	0,596	1,968	5,036	49,1	11,8	39,1	190,2
104.	—	1,745	0,455	1,590	3,790	46,0	12,0	42,0	193,9
105.	—	12,426	4,870	15,851	33,147	37,5	14,7	47,8	203,7
106.	—	2,988	0,890	3,361	7,239	41,3	12,3	46,4	186,8
107.	—	0,743	0,245	0,995	1,983	37,5	12,3	50,2	148,6
108.	—	5,694	1,374	4,068	11,136	51,1	12,3	36,6	203,4
109.	—	11,710	3,758	12,348	27,816	42,1	13,5	44,4	216,9
110.	—	2,426	0,760	1,908	5,094	47,6	14,9	37,5	173,3
111.	—	6,969	1,924	3,858	12.751	54,7	15,1	30,2	205,0
112.	—	4,982	1,504	4,931	11,417	43,6	13,2	43,2	191,6
113.	—	5,638	1,444	4,126	11,208	50,3	12,9	36,8	187,9

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben g	Ertrag an Trockensubstanz Samen g	Spreu g	Stroh g	Summa g	Verhältniss Summa d. Ernte = 100 Samen	Spreu	Stroh	Ein Korn wog trocken i. Durchschn. mg
114.	—	2,627	1,120	2,527	6,274	41,9	17,8	40,3	138,3
115.	—	0,675	0,326	0,717	1,718	39,3	19,0	41,7	135,0
116.	—	4,512	1,457	3,730	9,699	46,5	15,0	38,5	167,1
117.	—	3,243	1,212	3,178	7,633	42,5	15,9	41,6	190,8

4.

Von einer grösseren Anzahl dieser Ernteprodukte wurde der Stickstoffgehalt anfangs durch Verbrennen mit Natronkalk, später nach der Kjeldahl'schen Methode mit der Wilfarth'schen Modification bestimmt und von Zeit zu Zeit eine Controlle-Analyse nach der Dumas'schen Methode unter Anwendung des Kreussler'schen Apparates hinzugefügt.

Indem ich die dabei erlangten Resultate in zwei Tabellen, von denen die erste den gefundenen Procentgehalt, die zweite den daraus berechneten absoluten Stickstoffgehalt der Ernten in Grammen angiebt, sofort hier folgen lasse, bemerke ich dazu im Allgemeinen nur Folgendes:

Soweit es das Gewicht der Ernteprodukte erlaubte, wurden dieselben — Samen, Spreu, Stroh — getrennt untersucht; wenn die Quantität derselben gering war aber Spreu und Stroh zusammengenommen, oder die ganzen Pflanzen zur Analyse verwendet.

Die Ernte zweier Controlle-Nummern gestatteten wir uns nur in den Fällen behufs Gewinnung grösserer Mengen analytischen Materials zu vereinigen, wenn in beiden nicht nur die Gesammtproduktion, sondern auch die ganze Entwicklung der Pflanzen — das relative Verhältniss von Körnern und Stroh etc. — sehr nahe übereinstimmten.

Die Wurzeln betreffend, deren Ernte wie Analyse insofern Schwierigkeiten bietet, als es weder durch Abschlämmen noch auf irgend eine andere Weise möglich ist, sie von den fest anhaftenden Bodenbestandtheilen zu trennen, so dass man immer vor der Alternative steht, entweder nur einen Theil derselben rein, oder die ganze Masse derselben mit einer Menge fremden Materials verunreinigt zu nehmen, — verfuhren wir, wie folgt:

Nachdem bei der Ernte der oberirdische Theil der Pflanzen geborgen war, wurde der Inhalt der Vegetationsgefässe in weite Schalen umgestürzt und in unserem Glashause aufgestellt. War das freiwillige Abtrocknen der Masse so weit gediehen, dass der Sand seine backende Beschaffenheit, die feineren Faserwürzelchen aber noch nicht ihre Biegsamkeit verloren hatten, so gab man die Masse auf ein Sieb und liess den trockenen Sand

ablaufen. Von der zurückbleibenden, natürlich noch immer nicht reinen, aber auf diese Weise fast verlustlos gesammelten Wurzelmasse liess sich dann bei fortgesetztem langsamem Trocknem durch vorsichtiges Drücken und Schütteln noch ein weiterer Theil Sand entfernen und man behielt zuletzt ein Gemenge von Wurzeln und einer nur mässigen Menge von Boden übrig, das man um so unbedenklicher zur Bestimmung der in den Wurzeln enthaltenen absoluten Stickstoffmenge benutzen konnte, als der von uns als Bodenmaterial benutzte Quarzsand so gut wie ganz frei von organischen Substanzen war.

Ja wir glaubten, so weit mit der Kjeldahl'schen Methode gearbeitet wurde, ohne Anstand dieses Gemenge von Sand und Wurzeln selbst zur Bestimmung der procentischen Stickstoffmenge in der Art benutzen zu dürfen, dass der nach der Zersetzung durch Schwefelsäure im Kolben verbleibende Sand zurückgewogen, von der zur Analyse verwendeten Trockensubstanz abgezogen und die Differenz als reine Wurzelmasse in Ansatz gebracht wurde.

Der hierbei dadurch entstehende Fehler, dass bei dem Kochen mit concentrirter Schwefelsäure von dem Sande selbst ein gewisser Theil in Lösung ging, erwies sich bei der experimentellen Prüfung so gering, dass er zu vernachlässigen war. (Es sei erwähnt, dass je 40 g von unserem zu den Versuchen benutzten Sande durch die Behandlung mit Schwefelsäure nach Kjeldahl verloren

0,0403 g
0,0420 „
0,0425 „
0,0364 „

im Mittel: 0,0403 g = 0,1 %

dass die bei den Stickstoffanalysen in Frage kommenden Mengen von beigemischtem Sande sich aber nur zwischen $^1/_2$ und 20 g bewegten und dass mithin in jedem einzelnen Falle der etwa fälschlich als Wurzelsubstanz mit berechnete Lösungsverlust nicht mehr als $^1/_2$ bis 20 mg, im schlimmsten Falle nicht mehr als 2 % der berechneten Wurzelsubstanz betragen konnte; in der Regel betrug er nur 0,1—0,3 %.)

Da wo die Varrentrapp-Will'sche Methode benutzt wurde, um in dem aus Wurzeln und Sand bestehenden Gemenge den Gesammtgehalt an Stickstoff zu bestimmen, unterliessen wir es, das Gewicht der reinen Wurzelsubstanz in einer besonderen Probe zu ermitteln, und stellen in die erste Tabelle (Procent-Gehalt) ein „?“ ein, während wir die Fälle, in welchen der Stickstoffgehalt der unterirdischen Pflanzentheile überhaupt nicht bestimmt wurde, zur besseren Unterscheidung mit „—“ bezeichnen.

Hinter die wenigen nach der Dumas'schen Methode ausgeführten Controlle-Zahlen setzen wir zur Kennzeichnung ein „†“.

Alles was sonst noch zu wissen etwa wünschenswerth sein sollte, wird in den am Schlusse der Abhandlung als Anhang gegebenen analytischen Belägen seine Erledigung finden.

In 100 Theilen Trockensubstanz wurde gefunden:

Stickstoff.

Gerste.

a) in den zur Aussaat benutzten Samen:

1883	1,54 %
1884	1,80 „
1885	1,76 „

b) in den Ernteprodukten:

Versuchs-No.	Stickstoff als Calciumnitrat gegeben g	Samen %	Spreu %	Stroh %	Wurzeln %
		1883.			
1.	0,336	1,638	0,447 0,484	0,467 0,434	?
2.	0,224	1,398	0,409	0,466	?
4.	0,224		0,417	0,452	
5.	0,168	1,347	0,407	0,439 0,456	?
7.	0,112	1,286	0,389	0,409	?
8.	0,112			0,406	
9.	0,056	1,217	0,361	0,374	?
10.	0,056			0,354	
12.	0,028	1,207	0,283	0,328	?
13.	—		?		
14.	—		?		
		1884.			
15.	0,448	1,83 1,85	0,61	0,59 0,57	0,83
17.	0,336	1,51	0,51	0,46	0,68
18.	0,336			0,44	
20.	0,224	1,35 1,28 1,20 †	0,44	0,34 0,35	0,66

Versuchs-No.	Stickstoff als Calciumnitrat gegeben	Samen	Spreu	Stroh	Wurzeln
	g	%	%	%	%
21.	0,112	1,31	0,46	0,38	0,57
22.	0,112				
23.	0,056	1,12	0,49	0,34	0,58
		1885.			
26.	0,224	1,25		0,41	—
27.	0,112	1,38		0,28	—
29.	—			0,66	
30.	—			0,43	

Hafer.

a) in den zur Aussaat benutzten Samen:

1883	. . . . .	1,74 %
1884	. . . . .	2,00 „
1885	. . . . .	1,82 „

b) in den Ernteprodukten:

Versuchs-No.	Stickstoff als Calciumnitrat gegeben	Samen	Spreu	Stroh	Wurzeln
	g	%	%	%	%
		1883.			
35.	0,336	1,523	1,315	0,394 0,394	?
36.	0,224	1,370	1,266	0,371	?
37.	0,224			0,370	
38.	0,168	1,378	1,195	0,329	?
40.	0,112	1,315	1,163	0,354	?
41.	0,112	1,316		0,328	
42.	0,056	1,333	1,156	0,312	?
43.	0,056	1,333			
45.	—		?		
46.	—		?		
		1884.			
47.	0,224	1,31	1,00	0,24	0,49
49.	0,224			0,23	

Versuchs-No.	Stickstoff als Calciumnitrat gegeben	Samen	Spreu	Stroh	Wurzeln
	g	%	%	%	%
50.	0,112	1,27	0,84	0,25	0,49
51.	0,112				
53.	0,056	1,29	0,71	0,23	0,52
55.	0,056	1,23			
		1885.			
56.	0,224	1,42	0,29		—
58.	0,112	1,33	0,26		—
60.	—		0,83		
61.	—		1,02		

Erbsen.

a) in den zur Aussaat benutzten Samen:

1883 . . . . . 3,97 %
1884 . . . . . 4,45 „
1885 . . . . . 4,00 „

b) in den Ernteprodukten:

Versuchs-No.	Stickstoff als Calciumnitrat gegeben	Samen	Spreu	Stroh	Wurzeln
	g	%	%	%	%
		1883.			
66.	0,336	2,91	0,67		2,61
67.	0,224	3,18	0,92		2,68
71.	0,112	2,51	0,68		2,79
72.	0,112	2,75	0,58	1,77	3,32
74.	0,056	2,78	0,85		2,77
76.	0,028		1,19		2,37
78.	—	2,39	0,81		1,49
79.	—	2,31	1,14		2,94
		1884.			
80.	0,336	4,15	0,63	0,78	2,06
81.	0,280	3,42	0,51	1,07	1,85
83.	0,224	2,93	0,59	1,19	—
84.	0,168	3,18	0,48	0,87	2,35
85.	0,112	3,57	1,06		2,75
		3,58 †			

Versuchs-No.	Stickstoff als Calciumnitrat gegeben g	Samen %	Spreu %	Stroh %	Wurzeln %
87.	0,056	3,81	0,68	1,18	2,55
89.	0,028	2,79	1,38		2,36
90.	—	4,47 4,59 †	1,52		3,02
91.	—	2,83	0,47	1,09	1,94

1885.

94.	0,112	4,72 4,65 4,87 †	1,06 1,09		3,58
95.	0,112	4,33	0,56	1,31	3,07
98.	0,112	3,65 3,68	0,63 0,65		2,44
102.	—	4,33	0,65	1,77	1,75
104.	—	3,65	0,87	1,50	1,82
105.	—	5,33 5,32 5,36 †	2,49 2,46 2,56 †		4,47 4,22
108.	—	4,32	0,54	1,23	1,72
109.	—	5,00 5,03 5,15 †	1,14 1,13 1,28 †		2,59
111.	—	3,83 3,77	0,71 0,73		1,78
112.	—	4,20 4,22	0,91 0,94		2,06
113.	—	3,86	0,58	1,16	2,09
115.	—	4,02	1,28	1,39	1,59

Und hieraus berechnet sich der absolute Gehalt an

Stickstoff pro Culturgefäss.

Gerste.

a) in den zur Aussaat benutzten Samen:

1883	. . . . .	0,004 g
1884	. . . . .	0,004 „
1885	. . . . .	0,004 „

b) in den Ernteprodukten:

Versuchs-No.	Stickstoff als Calciumnitrat gegeben	Samen	Spreu	Stroh	Wurzeln	in den oberirdisch. Theil. zusammen	Ganze Pflanze in Summa
	g	g	g	g	g	g	g
		1883.					
1.	0,336	0,1701	0,0146	0,0713	0,0418	0,256	0,298
2. 4.	0,224	0,1177	0,0075	0,0511	0,0304	0,176	0,207
5.	0,168	0,0831	0,0052	0,0400	0,0228	0,128	0,151
7. 8.	0,112	0,0529	0,0033	0,0239	0,0179	0,080	0,098
9. 10.	0,056	0,0256	0,0016	0,0113	0,0081	0,039	0,047
12.	0,028	0,0126	0,0007	0,0056	0,0059	0,019	0,025
13.	—	—	—	—	—	?	0,006
14.	—	—	—	—	—	?	0,006
		1884.					
15.	0,448	0,1821	0,1279		0,0437	0,310	0,354
17. 18.	0,336	0 1473	0,0133	0,0645	0,0234	0,225	0.249
20.	0,224	0,1020	0,0073	0,0380	0,0196	0,147	0,167
21. 22.	0,112	0,0474	0,0036	0,0219	0,0084	0,073	0,081
23.	0,056	0,0224	0,0023	0,0107	0,0061	0,036	0,042
		1885.					
26.	0,224	0,1244	0,0551		?	0,180	?
27.	0,112	0,0527	0,0208		?	0,074	?
29.	—	—	—		—	?	0,005
30.	—	—	—		—	?	0,004

Hafer.

a) in den zur Aussaat benutzten Samen:

1883 . . . . . 0,005 g
1884 . . . . . 0,005 „
1885 . . . . . 0,005 „

b) in den Ernteprodukten:

Versuchs-No.	Stickstoff als Calciumnitrat gegeben	Samen	Spreu	Stroh	Wurzeln	In den oberirdischen Theilen zusammen	Ganze Pflanze in Summa
	g	g	g	g	g	g	g
		1883.					
35.	0,336	0,1863	0,0149	0,0662	0,0357	0,267	0,303
36. 37.	0,224	0,1168	0,0098	0,0447	0,0280	0,171	0,199
38.	0,168	0,0839	0,0067	0,0308	0,0239	0,121	0,145
40. 41.	0,112	0,0536	0,0039	0,0224	0,0176	0,080	0,098
42. 43.	0,056	0,0273	0,0019	0,0114	0,0092	0,041	0,050
45.	—	—	—	—	—	?	0,005
46.	—	—	—	—	—	?	0,005
		1884.					
47. 49.	0,224	0,1328	0,0086	0,0272	0,0159	0,169	0,185
50. 51.	0,112	0,0584	0,0028	0,0149	0,0142	0,076	0,090
53. 55.	0,056	0,0257	0,0012	0,0082	0,0099	0,035	0,045
		1885.					
56.	0,224	0,1374	0,0379	?		0,175	?
58.	0,112	0,0672	0,0195	?		0,087	?
60.	—	—	—	—		?	0,006
61.	—	—	—	—		?	0,006

Erbsen.

a) in den zur Aussaat benutzten Samen:

1883 . . . . . 0,018 g
1884 . . . . . 0,014 „
1885 . . . . . 0,016 „

b) in den Ernteprodukten:

Versuchs-No.	Stickstoff als Calciumnitrat gegeben	Samen	Spreu	Stroh	Wurzeln	In den oberirdischen Theilen zusammen	Ganze Pflanze in Summa
	g	g	g	g	g	g	g
		1883.					
66.	0,336	0,0953	0,0541		0,0421	0,149	0,192
67.	0,224	0,0856	0,0647		0,0490	0,150	0,199
71.	0,112	0,0902	0,0420		0,0384	0,132	0,171
72.	0,112	0,0710	0,0041	0,0921	0,0419	0,167	0,209
74.	0,056	0,0167	0,0300		0,0255	0,047	0,072
76.	—		0,0209		0,0228	0,021	0,044
78.	—	0,0284	0,0187		0,0569	0,047	0,104
79.	—	0,0330	0,0434		0,0150	0,076	0,091
		1884.					
80.	0,336	0,1694	0,0081	0,0331	0,0293	0,211	0,240
81.	0,280	0,1325	0,0061	0,0586	0,0508	0,197	0,248
83.	0,224	0,1047	0,0079	0,0793	—	0,192	?
84.	0,168	0,1871	0,0062	0,0365	0,0448	0,230	0,275
85.	0,112	0,3168	0,1049		0,0524	0,422	0,474
87.	0,056	0,2140	0,0085	0,0847	0,0581	0,307	0,365
89.	0,028	0,1697	0,1067		0,0461	0,276	0,323
90.	—	0,6471	0,2209		0,0812	0,868	0,949
91.	—	0,0856	0,0040	0,0361	0,0202	0,126	0,146
		1885.					
94.	0.112	0,5290	0.1190		0.0516	0.648	0.700
95.	0,112	0,3668	0,0100	0.0878	0.0395	0,465	0.504
98.	0.112	0,3639	0.0686		0,0373	0,433	0.470
102.	—	0,3019	0.0091	0.0657	0.0104	0.377	0.387
104.	—	0.0637	0,0040	0.0239	0.0124	0,092	0.104
105.	—	0,6617	0.5128		0.1088	1.174	1,283
108.	—	0,2460	0.0074	0,0500	0,0243	0.304	0,328
109.	—	0,5878	0.1828		0.0681	0,771	0,839
111.	—	0,2648	0,0416		0,0166	0,306	0,323
112.	—	0,2097	0.0595		0.0159	0,269	0.285
113.	—	0,2176	0.0084	0,0479	0,0247	0.274	0.299
115.	—	0,0271	0,0042	0,0100	0,0092	0,041	0.051

5.

Wie wir hoffen, wird es trotz der ansehnlichen Menge von Zahlen, die wir hier zu geben gezwungen waren, keine grossen Schwierigkeiten bereiten, sich davon zu überzeugen, dass dieselben die bei unseren älteren Versuchen gemachten und oben erwähnten Erfahrungen durchweg bestimmt und ausnahmslos bestätigen.

Ohne den Boden des Experimentes einen Augenblick zu verlassen, wird man schliessen dürfen:

a) **Das Wachsthum der Gerste und des Hafers stand in unseren Versuchen überall in strengster Abhängigkeit von der Menge der dem Boden beigemengten Nitrate.**

Jede einzelne Nummer kann als Beweis hierfür dienen, aber das soll uns nicht abhalten, noch folgende Punkte specieller hervorzuheben:

α. Ohne Beigabe von Nitraten war die Produktion der Gerste und des Hafers immer nahezu gleich Null.

Das durchschnittliche Trockengewicht der gesammten oberirdischen Theile von solchen Pflanzen betrug (obgleich dieselben ebensolange vegetirten, wie die Normalpflanzen und es bis zur Entwicklung einer Aehre brachten):

bei der Gerste (No. 13, 14, 29 u. 30): 0,059 bis 0,093 g
bei dem Hafer (No. 45, 46, 60 u. 61): 0,052 bis 0,096 g

β. Das in einem gegebenen Bodenvolumen mögliche Ertrags-Maximum war bei diesen Pflanzen nur durch Mitwirkung einer bestimmten grösseren Menge von Nitraten im Boden erreichbar.

In unseren älteren Versuchen hatten wir ein etwas geringeres Bodenvolumen (Gefässe mit 4000 g Sand Inhalt) und häufig grössere Beigaben von Nitraten angewendet. Wie oben erwähnt, hatte sich dabei gezeigt, dass sich in diesen Gefässen der Ertrag der Gerste nicht erheblich über 25 g Trockensubstanz steigern lasse, und dass dieser Maximalertrag durch 20 Milligramm-Aequivalente Stickstoff, oder vielleicht eine Kleinigkeit weniger, jederzeit leicht erreichbar sei.

In den vorstehenden Versuchen von 1883—85 waren etwas grössere Gefässe benutzt (4600 g Sand Inhalt) und nur in sechs Fällen — und zwar bei Gerste No. 1, 15, 16, 17, 18 und Hafer No. 35 — ansehnlichere Mengen von Nitraten gegeben; aber diese wenigen Nummern lassen, wie die sogleich folgende Zusammenstellung zeigt, genügend deutlich erkennen,

dass das hier erreichbare Ertragsmaximum für die Gerste zu etwa 28 g Trockensubstanz anzunehmen war, und dass dasselbe nicht erreicht wurde, wenn man weniger als rund 0,300 g Stickstoff in Form von Calciumnitrat dem Boden zuführte.

γ. Solange sich unsere Nitratgaben zwischen Quantitäten bewegten, welche einer Beigabe von 300 u. 0 mg Stickstoff entsprechen, d. h. so lange sie innerhalb der Grenzen blieben, in welchen sich der Stickstoffgehalt des Bodens als Wachsthumsfactor im Minimum befand, sank nicht nur mit der Verminderung der Nitratgabe stetig der Ertrag, sondern brachte auch die gleiche Menge Nitrat nicht nur in den neben einander vegetirenden Controllen, sondern auch in den verschiedenen Versuchsjahren immer annähernd den gleichen Ertrag.

Wir haben nicht ohne Absicht bei der Beschreibung unserer Versuche die morphologischen Verhältnisse unserer Ernten überall hinzugefügt. Es wird daraus ersichtlich, wie die verschiedene Jahreswitterung auf die Entwicklung der Pflanzen in Bezug auf Höhe derselben, Bestockung, Ausbildung der Körner, Verhältniss derselben zum Stroh etc. einen deutlich erkennbaren und nicht geringen Einfluss ausübte. Trotzdem wurde geerntet:

Von einer Nitratgabe entsprechend Stickstoff g	Im Versuchsjahre	Von Nummer	Oberirdische Trockensubstanz g	Oberirdische Trockensubstanz im Mittel g
		Bei der Gerste.		
0,448	1884	15	31,035	
		16	24,093	27,564
0,336	1883	1	29,343	
	1884	17	26,817	
		18	26,572	27,577
0,224	1883	2	21,074	
		3	20,460	
		4	21,726	
	1884	20	20,396	
	1885	25	21,560	
		26	23,384	21,433
0,168	1883	5	16,388	16,388

Von einer Nitratgabe entsprechend Stickstoff g	Im Versuchsjahre	Von Nummer	Oberirdische Trockensubstanz g	Oberirdische Trockensubstanz im Mittel g
		Bei der Gerste.		
0,112	1883	7	10,805	
		8	10,802	
	1884	21	10,210	
		22	10,093	
	1885	27	11,230	
		28	10,927	
		31	11,019	
		32	11,251	
		33	11,236	
		34	10,319	10,789
0,056	1883	9	5,594	
		10	5,704	
		11	5,322	
	1884	23	5,628	5,562
0,028	1883	12	2,995	2,995
0,000	1883	13	0,508	
		14	0,415	
	1885	29	0,650	
		30	0,544	0,529
		Bei dem Hafer.		
0,336	1883	35	30,175	30,175
0,224	1883	36	21,273	
		37	21,441	
	1884	47	22,730	
		48	21,407	
		49	21,943	
	1885	56	22,757	
		57	22,376	21,990
0,168	1883	38	15,997	15,997

Von einer Nitratgabe entsprechend Stickstoff g	Im Versuchsjahre	Von Nummer	Oberirdische Trockensubstanz g	Oberirdische Trockensubstanz im Mittel g
		Bei dem Hafer.		
0,112	1883	40	10,981	
		41	10,941	
	1884	50	10,694	
		51	11,058	
		52	9,890	
	1885	58	12,545	
		59	11,277	
		62	11,699	
		63	11,793	
		64	9,742	
		65	11,920	11,140
0,056	1883	42	5,902	
		43	5,851	
		44	5,287	
	1884	53	5,726	
		54	5,128	
		55	5,799	5,616
0,000	1883	45	0,361	
		46	0,419	
	1885	60	0,671	
		61	0,592	0,511

∂. Innerhalb der Grenzen, in welchen sich die Stickstoffnahrung im Boden als Wachsthumsfactor im Minimum befand, bewirkte je ein Gewichtstheil Nitrat immer annähernd die gleiche Menge Mehrernte, gleichgültig ob man von demselben nur ganz geringe oder grössere Quantitäten in Anwendung brachte, so dass es in der That erlaubt scheint, für den Nähreffect des Stickstoffs bezüglich der Gramineen nach einer annähernden Werthzahl zu suchen.

Die vorliegenden Versuche sind für diesen Zweck noch nicht zahlreich genug, aber sie weisen jedenfalls recht deutlich darauf hin, dass

diese Zahl für die Gerste in der Nähe von 93, für den Hafer um eine Kleinigkeit höher — etwa bei 96 liegt, denn

im Durchschnitte wurden geerntet		es gab demnach		je 1 mg mehr Stickstoff bewirkte also mehr Ernte
von Boden-Stickstoff	oberirdische Trockensubstanz	mehr Stickstoff	mehr Ertrag	
g	g	g	g	mg
bei der Gerste:				
0,000	0,529	—	—	—
0,056	5,562	+ 0,056	+ 5,033	1 : 90
0,112	10,789	+ 0,056	+ 5,227	1 : 93
0,224	21,433	+ 0,112	+10,644	1 : 95
				im Mittel: 93
bei dem Hafer:				
0,000	0,511	—	—	—
0,056	5,616	+ 0,056	+ 5,105	1 : 91
0,112	11,140	+ 0,056	+ 5,524	1 : 99
0,224	21,990	+ 0,112	+10,850	1 : 97
				im Mittel: 96

Dass diese Zahlen nur ganz annähernde sind und für alle Zeiten bleiben müssen, geht schon daraus hervor, dass die produzirte Pflanzensubstanz nicht aus einer einheitlichen chemischen Verbindung besteht, sondern in den verschiedenen Fällen selbst innerhalb gewisser Grenzen in ihrem Stickstoffgehalte schwanken kann; trotzdem aber dünkt uns, dass dieselben sowohl in wissenschaftlicher, wie besonders praktischer Beziehung nicht jeder Bedeutung entbehren.

b) **Nichts deutete darauf hin, dass die Gerste und der Hafer eine merkbare Menge Stickstoffnahrung aus anderen, als den ihnen bei Beginn der Versuche in Samen, Boden und den zugesetzten Nitraten zur Verfügung stehenden Quellen schöpften oder zu schöpfen vermochten;**

denn

α. in den Ernten, die man von der Gerste und dem Hafer erhielt, wurde ausnahmslos weniger Stickstoff wiedergefunden, als in den genannten Quellen von vorn herein nachweisbar war.

Es wurde:

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben: in den zugesetzten Nitraten und Samen	Stickstoff gegeben: in Nitraten, Samen u. Boden	Stickstoff wiedergefunden: in der oberirdischen Trockensubstanz	Stickstoff wiedergefunden: in der ganzen Pflanze	Stickstoff mehr od. weniger wiedergefunden als in Nitraten und Samen: in der oberirdisch. Trockensubstanz	Stickstoff mehr od. weniger wiedergefunden als in Nitraten und Samen: in der ganzen Pflanze	Stickstoff mehr od. weniger wiedergefunden als in Nitraten, Samen und Boden: in der oberirdisch. Trockensubstanz	Stickstoff mehr od. weniger wiedergefunden als in Nitraten, Samen und Boden: in der ganzen Pflanze
	g	g	g	g	g	g	g	g
			bei der Gerste.					
			1883.					
1.	0,340	0,365	0,256	0,298	— 0,084	— 0,042	— 0,109	— 0,067
2. 4.	0,228	0,253	0,176	0,207	— 0,052	— 0,021	— 0,077	— 0,046
5.	0,172	0,197	0,128	0,151	— 0,044	— 0,021	— 0,069	— 0,046
7. 8.	0,116	0,141	0,080	0,098	— 0,036	— 0,018	— 0,061	— 0,043
9. 10.	0,060	0,085	0,039	0,047	— 0,021	— 0,013	— 0,046	— 0,038
12.	0,032	0,057	0,019	0,025	— 0,013	— 0,007	— 0,038	— 0,032
13.	0,004	0,029	?	0,006	?	+ 0,002	?	— 0,023
14.	0,004	0,029	?	0,006	?	+ 0,002	?	— 0,023
			1884.					
15.	0,452	0,477	0,310	0,354	— 0,142	— 0,098	— 0,167	— 0,123
17. 18.	0,340	0,365	0,225	0,249	— 0,115	— 0,091	— 0,140	— 0,116
20.	0,228	0,253	0,147	0,167	— 0,081	— 0,061	— 0,106	— 0,086
21. 22.	0,116	0,141	0,073	0,081	— 0,043	— 0,035	— 0,068	— 0,060
23.	0,060	0,085	0,036	0,042	— 0,024	— 0,018	— 0,049	— 0,043
			1885.					
26.	0,228	0,253	0,180	?	— 0,048	?	— 0,073	?
27.	0,116	0,141	0,074	?	— 0,042	?	— 0,067	?
29.	0,004	0,029	?	0,005	?	— 0,000	?	— 0,024
30.	0,004	0,029	?	0,004	?	— 0,001	?	— 0,025
			bei dem Hafer.					
			1883.					
35.	0,341	0,366	0,267	0,303	— 0,074	— 0,038	— 0,099	— 0,063
36. 37.	0,229	0,254	0,171	0,199	— 0,058	— 0,030	— 0,083	— 0,055
38.	0,173	0,198	0,121	0,145	— 0,052	— 0,028	— 0,077	— 0,053
40. 41.	0,117	0,142	0,080	0,098	— 0,037	— 0,019	— 0,062	— 0,044
42. 43.	0,061	0,086	0,041	0,050	— 0,020	— 0,011	— 0,045	— 0,036
45.	0,005	0,030	?	0,005	?	— 0,000	?	— 0,025
46.	0,005	0,030	?	0,005	?	— 0,000	?	— 0,025

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben: in den zugesetzten Nitraten und Samen	Stickstoff gegeben: in Nitraten, Samen u. Boden	Stickstoff wiedergefunden: in der oberirdischen Trockensubstanz	Stickstoff wiedergefunden: in der ganzen Pflanze	Stickstoff mehr od. weniger wiedergefunden als in Nitraten und Samen: in der oberirdisch. Trockensubstanz	Stickstoff mehr od. weniger wiedergefunden als in Nitraten und Samen: in der ganzen Pflanze	Stickstoff mehr od. weniger wiedergefunden als in Nitraten, Samen und Boden: in der oberirdisch. Trockensubstanz	Stickstoff mehr od. weniger wiedergefunden als in Nitraten, Samen und Boden: in der ganzen Pflanze
	g	g	g	g	g	g	g	g
				1884.				
47. 49.	0,229	0,254	0,169	0,185	— 0,060	— 0,044	— 0,085	— 0,069
50. 51.	0,117	0,142	0,076	0,090	— 0,041	— 0,027	— 0,066	— 0,052
53. 55.	0,061	0,086	0,035	0,045	— 0,026	— 0,016	— 0,051	— 0,041
				1885.				
56.	0,229	0,254	0,175	?	— 0,054	?	— 0,079	?
58.	0,117	0,142	0,087	?	— 0,030	?	— 0,055	?
60.	0,005	0,030	?	0,006	?	+ 0,001	?	— 0,024
61.	0,005	0,030	?	0,006	?	+ 0,001	?	— 0,024

Die Differenzen zwischen den zu Anfang der Versuche in Nährlösung, Samen und Boden zusammen gegebenen und den in der Ernte wiedergefundenen Quantitäten Stickstoff tragen, wie die letzte Columne unserer Tabelle beweist, ohne Ausnahme ein negatives Vorzeichen.

Allerdings haben wir hier mit Absicht bei der Berechnung des im Boden vorhandenen Stickstoffs die höchste Menge, welche in unseren Bestimmungen und zwar nur in einer einzigen Analyse gefunden wurde — 5,4 mg N pro Kilo oder 25 mg N pro 4600 g Sand — zu Grunde gelegt.

Man kann sich aber sehr leicht überzeugen, dass in der Sache nichts geändert worden wäre, wenn man statt derselben die aus sämmtlichen Bestimmungen abgeleitete Durchschnittszahl eingesetzt hätte.

Ja die drittletzte Columne zeigt, dass sowohl bei der Gerste wie beim Hafer überhaupt nur in je zwei Fällen je 2 resp. 1 mg Stickstoff in der Ernte mehr wiedergefunden wurde, als in Nährlösung und Samen allein gegeben war, — ein Plus, welches so gering ist, dass man zweifelhaft bleiben kann, ob man es lieber aus den unvermeidlichen Fehlern der analytischen Bestimmungen erklären, oder ob man darin die Wirkung der im Boden vorhandenen Stickstoff-Spuren erkennen soll.

β. Mit der Verminderung der Nitrate im Boden sank stetig nicht nur der quantitative Ertrag, sondern auch der relative Stickstoffgehalt der Ernteprodukte.

Wir glauben, dass diese Beobachtung besser wie jede andere für den gesteigerten Hungerzustand spricht, in welchem sich die Pflanzen unter den gegebenen Verhältnissen befanden.

Wenn der Beweis für diesen Satz in der oben über den procentischen Stickstoff-Gehalt unserer einzelnen Ernteprodukte gegebenen Tabelle nicht überall sofort zu Tage tritt, so liegt der Grund darin, dass die einzelnen Pflanzentheile, Samen, Spreu und Stroh nicht nur in ihrem Stickstoffgehalt, sondern auch in dem relativen Gewichtsverhältnisse unter sich variiren. Eine deutlichere Anschauung von dem Sachverhalte wird die nachfolgende Zusammenstellung geben.

Gegeben Stickstoff als Calciumnitrat g	im Jahre	Versuchs-No.	Geerntet oberirdische Trockensubstanz g	Darin gefunden Stickstoff in Summa g	Die oberirdische Trockensubst. enthielt demnach Stickstoff %	im Mittel %
			Gerste.			
0.448	1884	15	31,035	0.310	1,00	1.00
0,336	1883	1	29.343	0,256	0,87	0.86
	1884	17	26.695	0,225	0,84	
		18				
0,224	1883	2	21,400	0.176	0.82	0.77
		4				
	1884	20	20.396	0,147	0,72	
	1885	26	23,384	0,180	0.77	
0,168	1883	5	16.388	0.128	0,78	0.78
0.112	1883	7	10,803	0.080	0,74	0.71
		8				
	1884	21	10,151	0,073	0,72	
		22				
	1885	27	11.230	0.074	0.66	
0.056	1883	9	5.650	0,039	0,69	0.67
		10				
	1884	23	5,628	0.036	0.64	
0,028	1883	12	2.995	0,019	0,63	0,63
			Hafer.			
0.336	1883	35	30,175	0,267	0,89	0,89
0.224	1883	36	21,357	0,171	0,80	0,78
		37				
	1884	47	22.336	0.169	0.76	
		49				
	1885	56	22,757	0,175	0,77	

Gegeben Stickstoff als Calciumnitrat	im Jahre	Versuchs-No.	Geerntet oberirdische Trockensubstanz	Darin gefunden Stickstoff in Summa	Die oberirdische Trockensubst. enthielt demnach Stickstoff	im Mittel
g			g	g	%	%
0,168	1883	38	15.997	0.121	0,76	0.76
0,112	1883	40	10.961	0,080	0,73	0.71
		41				
	1884	50	10.876	0,076	0.70	
		51				
	1885	58	12.545	0.087	0.69	
0,056	1883	42	5,876	0,041	0.70	0,66
		43				
	1884	53	5.762	0,035	0,61	
		55				

c) **Das Wachsthum der Erbsen zeigte in unseren Versuchen eine ähnliche strenge Abhängigkeit von den dem Boden zugesetzten Nitraten nicht nur nicht, sondern stand offenbar nirgends in einer bestimmten Beziehung zu denselben.**

Denn

α. in einem Boden, der keine Spur von Nitraten und überhaupt so minimale Mengen Stickstoff enthielt, dass er fast als stickstofffrei betrachtet werden konnte, vermochten die Erbsen nicht nur normal zu vegetiren, sondern sich bis zu entschiedener Ueppigkeit zu entwickeln.

Es wurden beispielsweise

gegeben Stickstoff als Calciumnitrat	im Jahre	Versuchs-No.	und geerntet oberirdische Trockensubstanz
g			g
0	1883	79	5,233
0	1884	90	28,483
0	1885	105	33,147
0	1885	109	27,816

β. infolge dessen trat niemals der Bodenstickstoff als der die Vegetation der Erbsen beeinflussende Wachsthumsfactor in ein erkennbares Minimum und war weder durch

Entziehung der Nitrate eine bestimmte Verminderung der Erträge, noch durch Zuführung derselben eine bestimmte Erhöhung der Ernte nachweisbar.

Ein kurzer Blick auf die oben mitgetheilten Versuchsergebnisse liefert dafür genügende Beweise.

γ. gleiche Mengen Stickstoff im Boden lieferten bei der Erbse die möglichst ungleichen Ertrags-Quantitäten nicht nur in den verschiedenen Versuchsjahren, sondern auch in den neben einander unter vollkommen gleichen Vegetations-Bedingungen stehenden Controlle-Versuchen.

Es wurde

gegeben Stickstoff als Calciumnitrat g	im Jahre	Versuchs-No.	und geerntet an oberirdischer Trockensubstanz g
0,224	1883	67 bis 68	6,646 bis 9,725
„	1884	82 — 83	9,337 — 11,579
0,112	1883	70 bis 72	4,915 bis 9,767
„	1884	85 — 86	8,467 — 18,693
„	1885	94 — 101	16,955 — 22,360
0,056	1883	73 bis 75	0,978 bis 4,128
„	1884	87 — 88	9,155 — 14,046
0,000	1883	77 bis 79	0,551 bis 5,233
„	1884	90 — 91	7,186 — 28,483
„	1885	102 — 117	1,718 — 33,147

δ. infolge dessen konnte von dem Aufsuchen einer Werthzahl für die Wirkung einer bestimmten Stickstoffeinheit auf dem von uns eingeschlagenen Wege bei den Erbsen zunächst nicht die Rede sein.

d) **Neben dem ihnen zu Anfang des Versuchs im Boden zur Verfügung gestellten Stickstoff fanden die Erbsen noch eine andere Quelle, aus der sie sich diesen Nährstoff in reichlichem Maasse anzueignen vermochten.**

Denn

α. in den von den Erbsen erhaltenen Ernteprodukten wurde häufig ansehnlich mehr Stickstoff wieder gefunden, als in den gegebenen Nitraten, Samen und Boden zusammen nachweisbar war.

Zieht man wie oben bei Gerste und Hafer die Stickstoff-Bilanz, so erhält man:

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben: in den zugesetzten Nitraten und Samen	Stickstoff gegeben: in Nitraten, Samen u. Boden	Stickstoff wiedergefunden: in der oberirdischen Trockensubstanz	Stickstoff wiedergefunden: in der ganzen Pflanze	Stickstoff mehr od. weniger wiedergefunden als gegeben war: in Nitraten und Samen: in der oberirdisch. Trockensubstanz	Stickstoff mehr od. weniger wiedergefunden als gegeben war: in Nitraten und Samen: in der ganzen Pflanze	Stickstoff mehr od. weniger wiedergefunden als gegeben war: in Nitraten, Samen und Boden: in der oberirdisch. Trockensubstanz	Stickstoff mehr od. weniger wiedergefunden als gegeben war: in Nitraten, Samen und Boden: in der ganzen Pflanze
	g	g	g	g	g	g	g	g
bei den Erbsen								
1883.								
66.	0,354	0,379	0,149	0,192	— 0,205	— 0,162	— 0,230	— 0,187
67.	0,242	0,267	0,150	0,199	— 0,092	— 0,043	— 0,117	— 0,068
71.	0,130	0,155	0,132	0,171	+ 0,002	+ 0,041	— 0,023	+ 0,016
72.	0,130	0,155	0,167	0,209	+ 0,037	+ 0,079	+ 0,012	+ 0,054
74.	0,074	0,099	0,047	0,072	— 0,027	— 0,002	— 0,052	— 0,027
76.	0,046	0,071	0,021	0,044	— 0,025	— 0,002	— 0,050	— 0,027
78.	0,018	0,043	0,047	0,104	+ 0,029	+ 0,086	+ 0,004	+ 0,061
79.	0,018	0,043	0,076	0,091	+ 0,058	+ 0,073	+ 0,033	+ 0,048
1884.								
80.	0,350	0,375	0,211	0,240	— 0,139	— 0,110	— 0,164	— 0,135
81.	0,280	0,305	0,197	0,248	— 0,083	— 0,032	— 0,108	— 0,057
83.	0,238	0,263	0,192	?	— 0,046	?	— 0,071	?
84.	0,182	0,207	0,230	0,275	+ 0,048	+ 0,093	+ 0,023	+ 0,068
85.	0,126	0,151	0,422	0,474	+ 0,296	+ 0,348	+ 0,271	+ 0,323
87.	0,070	0,095	0,307	0,365	+ 0,237	+ 0,295	+ 0,212	+ 0,270
89.	0,042	0,067	0,276	0,323	+ 0,234	+ 0,281	+ 0,209	+ 0,256
90.	0,014	0,039	0,868	0,949	+ 0,854	+ 0,935	+ 0,829	+ 0,910
91.	0,014	0,039	0,126	0,146	+ 0,112	+ 0,132	+ 0,087	+ 0,107
1885.								
94.	0,128	0,153	0,648	0,700	+ 0,520	+ 0,572	+ 0,495	+ 0,547
95.	0,128	0,153	0,465	0,504	+ 0,337	+ 0,376	+ 0,312	+ 0,351
98.	0,128	0,153	0,433	0,470	+ 0,305	+ 0,342	+ 0,280	+ 0,317
102.	0,016	0,041	0,377	0,387	+ 0,361	+ 0,371	+ 0,336	+ 0,346
104.	0,016	0,041	0,092	0,104	+ 0,076	+ 0,088	+ 0,051	+ 0,063
105.	0,016	0,041	1,174	1,283	+ 1,158	+ 1,267	+ 1,133	+ 1,242
108.	0,016	0,041	0,304	0,328	+ 0,288	+ 0,312	+ 0,263	+ 0,287
109.	0,016	0,041	0,771	0,839	+ 0,755	+ 0,823	+ 0,730	+ 0,798
111.	0,016	0,041	0,306	0,323	+ 0,290	+ 0,307	+ 0,265	+ 0,282
112.	0,016	0,041	0,269	0,285	+ 0,253	+ 0,269	+ 0,228	+ 0,244
113.	0,016	0,041	0,274	0,299	+ 0,258	+ 0,283	+ 0,233	+ 0,258
115.	0,016	0,041	0,041	0,051	+ 0,025	+ 0,035	+ 0,000	+ 0,010

Es erübrigt nur zu bemerken, dass auch hier als Stickstoffgehalt des Bodens die höchste Quantität, die in einer einzigen Analyse gefunden wurde, nämlich 5.4 mg pro Kilo, oder 25 mg in 4600 g Sand, in die Berechnung eingestellt wurde.

β. Der relative Stickstoffgehalt der Ernteprodukte sank bei den Erbsen nicht regelmässig mit der Verminderung der Nitrate im Boden. Im Gegentheil zeigten gerade einige von den Pflanzen, welche in nahezu stickstofflosem Boden gewachsen waren, nicht nur den höchsten Stickstoffgehalt unter allen Versuchsobjecten, sondern gingen damit ansehnlich über das Mittel der im grossen praktischen Betriebe gewonnenen Feldgewächse hinaus.

Eine ähnliche Zusammenstellung, wie wir sie oben für Gerste und Hafer gaben, zeigt auch in dieser Richtung bestimmt, dass ein Stickstoffhunger als Folge der Entziehung der Nitrate bei den Erbsen nirgends vorkam:

Es wurde

gegeben Stickstoff als Calciumnitrat	Versuchs-No.	geerntet oberirdische Trockensubstanz	darin gefunden Stickstoff in Summa	die oberirdische Trockensubstanz enthielt demnach Stickstoff	
					im Mittel
g		g	g	%	%
Erbsen.					
		1883.			
0,336	66.	11,352	0,149	1,31	1,31
0,224	67.	9,725	0,150	1,54	1,54
0,112	71.	9,767	0,132	1,35	1,66
„	72.	8,497	0,167	1,97	
0,056	74.	4,128	0,047	1,14	1,14
0,028	76.	1,756	0,021	1,20	1,20
0,000	78.	3,496	0,047	1,34	1,40
„	79.	5,233	0,076	1,45	
		1884.			
0,336	80.	9,619	0,211	2,19	2,19
0,224	83.	11,579	0,192	1,66	1,66
0,112	85.	18,693	0,422	2,26	2,26
0,056	87.	14,046	0,307	2,19	2,19
0,028	89.	13,811	0,276	2,00	2,00
0,000	90.	28,483	0,868	3,05	2,40
„	91.	7,186	0,126	1,75	

gegeben Stickstoff als Calciumnitrat g	Versuchs-No.	geerntet oberirdische Trockensubstanz g	darin gefunden Stickstoff in Summa g	die oberirdische Trockensubstanz enthielt demnach Stickstoff %	im Mittel %
		1885.			
0,112	94.	22,360	0,648	2,90	
„	95.	16,955	0,465	2,74	2,58
„	98.	20.653	0,433	2,10	
0,000	102.	12,091	0,377	3,12	
„	104.	3,790	0,092	2,43	
„	105.	33,147	1,174	3,54	
„	108.	11,136	0,304	2,73	
„	109.	27.816	0,771	2,77	2,69
„	111.	12,751	0,306	2,40	
„	112.	11,417	0,269	2,36	
„	113.	11,208	0,274	2,44	
„	115.	1,718	0,041	2,39	

e) **In den vorliegenden Versuchen verhielt sich die Leguminose (Pisum) unter absolut gleichen Vegetationsverhältnissen bezüglich der Stickstoffaufnahme von den beiden Gramineen (Hordeum und Avena) typisch verschieden.**

6.

Soweit waren wir bis zum Schlusse des Jahres 1885 gekommen; die Resultate der früheren Versuche waren ausnahmslos wiedererhalten, nur noch präciser; dass die Leguminosen sich von den Gramineen bezüglich der Stickstoffaufnahme verschieden verhalten, dass ihnen Stickstoffquellen zur Verfügung stehen, die für diese verschlossen sind, war auf das Bestimmteste bestätigt; aber auch die auffallenden Unregelmässigkeiten und Widersprüche in den Controllversuchen mit Erbsen hatten sich wiederholt. Den Grund für die letzteren noch länger in irgend einer Fehlerhaftigkeit unserer Culturmethode zu suchen, schien uns den durchaus in sich übereinstimmenden Resultaten gegenüber, die wir mit derselben Methode unter absolut gleichen Bedingungen allezeit bei Gerste und Hafer erhielten, ebenso unnöthig als überflüssig. Der erste Theil der Beobachtungen veranlasste, der zweite zwang uns, noch einen Schritt weiter zu gehen und uns dem Wie? und Woher? sowie dem gesammten, offenbar ganz eigenthümlichen Verhalten der Leguminosen bei der Stickstoffaufnahme zuzuwenden.

Wir hatten oben bemerkt, dass es uns bei Schluss unserer älteren Versuchsserie nicht möglich gewesen sei, die damit erhaltenen Resultate aus den bis dahin bezüglich der Stickstoffaufnahme der Leguminosen aufgestellten Hypothesen zu erklären. Seitdem waren nun allerdings eine Anzahl neuer, schätzbarer Arbeiten hinzugekommen, aber wir fanden uns auch jetzt noch nicht wesentlich weiter gefördert.

Ueberblicken wir kurz, was uns vorlag:

Vier verschiedene Hypothesen waren nach einander aufgestellt worden: Zuerst suchte man die Erklärung einfach darin, dass es den Leguminosen möglich sei, so wie die atmosphärische Kohlensäure, so auch den atmosphärischen freien Stickstoff direct zu assimiliren.

Sodann schrieb man diesen Pflanzen die ausnahmsweise Fähigkeit zu, vermöge ihres grösseren Blattreichthums und ihrer meist längeren Vegetationszeit die geringen Mengen gebundenen Stickstoffs aus der Luft besser ansammeln und verwerthen zu können, als die Gramineen und andere Pflanzenarten.

Später wurde behauptet, dass die Leguminosen durch ihr tiefergehendes Wurzelnetz veranlagt sind, sich eine Stickstoffquelle in entfernteren Schichten des Untergrundes nutzbar zu machen, welche den übrigen Culturpflanzen unzugänglich ist.

Endlich leugnete man überhaupt, dass ein principieller Unterschied zwischen Leguminosen und anderen Pflanzen bezüglich der Stickstoffaufnahme stattfinde und suchte die bodenbereichernde Wirkung derselben dadurch zu erklären, dass sie gewisse stickstoffbindende, von dem Pflanzenleben ganz unabhängige Vorgänge im Boden unterstützten und sonst auftretende Stickstoffverluste aus dem Boden verhinderten.

Der früheste Versuch, das eigenthümliche Verhalten der Leguminosen durch ein ausnahmsweises Vermögen für die Assimilation des freien Stickstoffs aus der Atmosphäre zu erklären, war aber bereits durch die Versuche von Boussingault, Lawes, Gilbert und Pugh etc. endgültig zurückgewiesen und konnte überhaupt nicht mehr in Frage kommen.

Gegen die zweite Annahme, dass die Leguminosen mehr als die Pflanzen anderer Familien die Fähigkeiten hätten, den gebundenen Stickstoff der Luft sich anzueignen und zu ihrer Ernährung zu verwenden, sprach nicht mehr als Alles in unseren Versuchen. Die Quantität des in der Atmosphäre vorhandenen gebundenen Stickstoffs ist eine minimale, das Stickstoff-Plus aber, welches sich wenigstens einige unserer Versuchspflanzen, wie z. B. die Erbsen-Nummern 90, 105 und 109, während ihrer Vegetation angeeignet hatten, war ein so bedeutendes, dass der gebundene Stickstoff als Quelle für dasselbe sofort als mindestens höchst unwahrscheinlich erscheinen muss. Wollte man dagegen annehmen, dass mit unseren im Freien wachsenden Versuchspflanzen unbegrenzte Mengen,

oder mindestens so grosse Mengen bewegter Luft in Berührung kommen konnten, dass dieselben sehr wohl im Stande waren, die erforderliche Quantität von gebundenem Stickstoff zu liefern, so wüsste ich nicht, wie man es erklären wollte, dass die Gerste und der Hafer von dieser so bequem gebotenen Gelegenheit absolut gar keinen Gebrauch machten, da doch nach den Versuchen von Mayer der Weizen, nach denen von Schloesing der Tabak der Fähigkeit, Ammoniak durch die Blätter aufzunehmen und zu assimiliren, keineswegs entbehren resp. dieselbe in noch höherem Grade besitzen als Erbsen und Bohnen. Ganz unerklärlich aber würde sein, warum von unseren Erbsen in 18 unter absolut denselben Bedingungen neben einander stehenden Parallelversuchen (No. 90, 91 und 102—117) aus diesem unerschöpflichen, für alle gleichen Vorrath im Jahre 1884 nur eine, im Jahre 1885 zwei so reichlich schöpften, andere sich mit einer geringeren Menge begnügten, einige aber Angesichts desselben gar elendiglich verhungerten.

Die dritte Hypothese, welche darauf fusst, dass die Leguminosen im Gegensatz zu den übrigen Pflanzenarten befähigt sind, ihre Nahrung den tieferen Schichten des Untergrundes zu entnehmen, erledigte sich bezüglich unserer Versuche dadurch von selbst, dass bei diesen überhaupt kein Untergrund existirte. Von der Gerste und dem Hafer waren die Wurzeln so gut wie von der Erbse immer schon bald nach Beendigung des Keimlebens bis zum Boden der kleinen, nur 24 cm hohen Culturgefässe durchgedrungen, und zur Zeit der Ernte fand sich das geringe Bodenvolumen immer bei allen Versuchspflanzen gleich von oben bis unten mit Wurzeln durchsetzt.

Ueberdies war es bis dahin noch nicht möglich gewesen, das eigenthümliche Verhalten der Leguminosen mit Hülfe dieser Hypothese allein auch experimentell ausreichend zu begründen.

Dieselbe findet ihre Hauptvertreter in den Herren Lawes und Gilbert, und stützt sich auf eine bedeutende Anzahl von Versuchen im freien Lande. Den Herren Experimentatoren steht in den Feldern von Rothamsted, auf denen Gramineen, Wurzelgewächse, Leguminosen seit pptr. 40 Jahren ununterbrochen auf sich selbst folgend, theils mit, theils ohne Dünger, unter fortwährender strenger Controlle gebaut sind, ein Versuchsmaterial zu Gebote, wie Niemandem sonst auf der Welt; dem analytischen Theile der Versuche, dessen Schwierigkeiten voll anerkannt sind, wird die grösstmöglichste Vor- und Umsicht zugewendet; die Rothamsteder Beobachtungen fordern unbedingt die höchste Beachtung. Verstehe ich dieselben recht, so würden sich die Resultate derselben, soweit sie hierher gehören, in folgende Sätze zusammenfassen lassen:

Wenn man auf einem Felde ohne Zufuhr von stickstoffhaltigem Dünger eine Graminee in ununterbrochener Folge anbaut, so sinkt mit jedem Jahre der Ertrag derselben.

Dasselbe ist der Fall, wenn man unter den gleichen Umständen eine Leguminose längere Zeit auf sich selbst folgen lässt.

Aber — durch Zufuhr von Nitraten (neben dem nöthigen mineralischen Dünger) lässt sich das Sinken der Ernten bei der Graminee verhindern — bei der Leguminose nicht.

Wenn man auf einem Felde ohne Düngung mit Stickstoff in ununterbrochener Folge eine Graminee baut, so sinken nicht nur stetig die Ernten, sondern es vermindert sich auch mit jedem Jahre der Stickstoffvorrath des Bodens.

Dasselbe ist der Fall, wenn man an Stelle der Graminee eine Leguminose setzt; es entnehmen also beide dem Boden Stickstoff zur Bildung der Erntemasse.

Aber — wenn man die Menge des Stickstoffs, welche dem Bodenvorrath entnommen wird, mit der Stickstoffmenge, welche in der gemachten Ernte (und dem abgeflossenen Drainwasser nach Abzug der durch die meteorischen Niederschläge zugeführten Stickstoffverbindungen) enthalten ist, vergleicht, so findet man, dass auf dem Gramineen-Felde beide Grössen immer nahezu gleich sind, während auf dem Leguminosen-Felde die letztere öfter und manchmal sehr bedeutend grösser ist; mit anderen Worten, wenn man die Stickstoff-Bilanz zieht, so ergiebt dieselbe auf dem Gramineen-Felde immer eine annähernde Ausgleichung, auf dem Leguminosen-Felde aber öfter einen entschiedenen und manchmal einen sehr bedeutenden Stickstoffgewinn.

Die tiefwurzelnden Leguminosen ermöglichen das weitere Niedersteigen der nitrificirenden Mikroorganismen im Boden, begünstigen damit die Umwandlung von nicht assimilirbaren Stickstoffverbindungen in assimilirbare auch in den tieferen Untergrundsschichten und vermögen sich dadurch Regionen des Stickstoffvorraths nutzbar zu machen, die den Gramineen verschlossen sind.

Aber — es muss zugestanden werden, dass die analytisch nachweisbare Menge der Nitrate, welche sich die Leguminosen auf diesem Wege aneignen können, nicht ausreicht, um das eben erwähnte Plus der Stickstoff-Bilanz in allen Fällen zu erklären.

Es ist höchst wahrscheinlich, dass den Leguminosen das Vermögen zukommt, durch ihren Wurzelsaft resp. ihre Wurzelausscheidungen gewisse organische Verbindungen des Bodenvorraths sei es direct, oder indirect nach ihrer Umwandlung in andere Formen, aufzunehmen und sich dadurch einen Zuschuss zu ihrer Stickstoffnahrung aus dem Untergrunde zu verschaffen, der den Gramineen unzugänglich ist.

Aber — wie viel dieser Zuschuss betragen kann, ist noch nicht experimentell festgestellt. —

In Summa: Die Rothamsteder Versuche beweisen mit aller Bestimmtheit, dass die Leguminosen, wenn sie Stickstoff im Boden finden, denselben aufnehmen und assimiliren ebenso wie die Gramineen, ferner, dass sie die Fähigkeit besitzen, sich den Stickstoffvorrath des Bodens aus tieferen, resp. weiteren Schichten nutzbar zu machen, als diese, — aber sie beweisen bis heute noch nicht, dass der Bodenvorrath unbedingt die einzige Stickstoffquelle für die Leguminosen bildet, und dass die Kenntniss dieser Quelle genügt, um das eigenthümliche Verhalten der Leguminosen und den grossen Stickstoffreichthum der Leguminosen-Ernten in allen Fällen zu erklären.

Weniger leicht war allerdings mit der vierten Hypothese fertig zu werden, welche sich bis zu Anfang des Jahres 1886 so ziemlich allgemeine Annahme verschafft hatte. Laut dieser ist die stickstoffbereichernde Wirkung der Leguminosen überhaupt nicht eine directe, sondern eine indirecte, — sind die Quellen des Stickstoff-Plus in erster Linie nicht in der Pflanze, sondern im Boden zu suchen.

Sehen wir uns die Sache zunächst einmal ganz im Allgemeinen etwas näher an.

Die Hypothese sagt: In der Atmosphäre findet sich immer eine wenn auch sehr geringe Menge gebundenen Stickstoffs und der Boden hat die Fähigkeit, einen Theil davon zu absorbiren (Heinrich u. And.); der atmosphärische Staub ist nicht stickstofffrei und die meteorischen Niederschläge enthalten, wie eine Menge bekannter sorgfältiger Arbeiten zeigen, stets eine nicht unbeträchtliche Quantität von Ammoniak und Salpetersäure; bei dem Verdampfen von Wasser bildet sich auf Kosten des freien elementaren Stickstoffs salpetrigsaures und salpetersaures Ammon (Schönbein, Böttcher, v. Gorup-Besanez, Uffelmann u. A.); nicht nur starke electrische Entladungen, sondern auch Electricität von so geringer Spannung, wie sie an der Erdoberfläche zwischen Boden und Luft besteht, hat das Vermögen, freien Stickstoff in Salpetersäure überzuführen (Berthelot). Die Mikroorganismen, welche in jedem Culturboden zahlreich vertreten sind, können den freien Stickstoff der Atmosphäre assimiliren und in Form von Eiweissstoffen ablagern (Berthelot). Von dem in Form von complicirteren organischen Verbindungen, Pflanzenresten, Humussubstanzen etc. im Boden vorhandenen Stickstoff wandelt sich stetig ein Theil in Ammoniak, und dieses weiter unter dem Einflusse von porösen Körpern (Boussingault), Alkalien, alkalischen Erden (Dumas, De Luca, Cloëz, Wolff, Frank) und Mikrobien (Schloesing, Müntz, Warrington, Landolt u. A.) in Salpetersäure um. — Kurz in der Natur sind unablässig eine Anzahl Ursachen thätig, um den Vorrath von assimilirbarem gebundenem Stickstoff im Boden ohne jede Mitwirkung der auf letzterem wachsenden Pflanzen zu vermehren.

Andrerseits enthält der Theil der meteorischen Niederschläge, welcher von der eigentlichen Culturschicht des Bodens nicht festgehalten in den tieferen Untergrund versinkt und abfliesst, stets beträchtliche Mengen Salpetersäure (Lawes, Gilbert, Warrington, Berthelot); bei der Umwandlung der organischen stickstoffhaltigen Verbindungen in Ammoniak und Salpetersäure wird ein Theil des Stickstoffs als freier Stickstoff oder Stickstoffoxydul entbunden (König, Morgen, Dietzell, Schloesing, Warrington); wie es Mikrobien giebt, welche das Ammoniak nitrificiren, so giebt es solche, welche die Salpetersäure zu salpetriger Säure, Stickstoffoxyd, Stickstoffoxydul und selbst freien Stickstoff reduciren (Gayon, Dupetit, Dehérain, Maquenne). — Eine Anzahl anderer Ursachen ist unablässig bestrebt, den Vorrath an assimilirbarem gebundenem Stickstoff im Boden zu verringern.

Der Stickstoffgehalt des Bodens ist mithin nicht eine stabile, fest bestimmte Grösse, sondern unterliegt unter den Einflüssen der verschiedensten Factoren einer ununterbrochenen stündlichen Veränderung. Die beobachtete bodenbereichernde Wirkung der Leguminosen lässt sich erklären, ohne dass man ihnen eine eigenthümliche ausnahmsweise Fähigkeit, den Stickstoff aus nur ihnen zugänglichen Quellen zu assimiliren, substituirt, wenn man annimmt, dass sie die Eigenschaft haben, die Wirkung der Ursachen, welche eine stetige Zunahme des assimilirbaren Stickstoffs im Boden anstreben, zu begünstigen resp. zu unterstützen, und die unablässig im Boden stattfindenden Stickstoffverluste zu verhindern oder auch nur zu vermindern.

Zunächst will ich hierzu ausdrücklich bemerken, dass, obgleich ich die Beobachtungen, auf welchen die Hypothese fusst, nicht alle gleich gut und genügend begründet erachten kann*), es mir nicht einfällt, die Existenz von Ursachen, welche Stickstoffgewinne und Stickstoffverluste im Boden ganz unabhängig von den darauf wachsenden Pflanzen bedingen, anzuzweifeln. Ja ich wüsste nicht, wie man ohne Zuhülfenahme solcher Ursachen die Bildung der Ackererde überhaupt, die als Verwitterungsboden aus stickstofflosem Materiale entsteht, sich allmälig ohne Dazwischentreten der Cultur und menschlicher Nachhülfe mit einer Pflanzendecke bekleidet und einen ansehnlichen Vorrath von Stickstoff anhäuft, erklären sollte. Ich glaube weiter, dass diese Ursachen eine Rolle in dem praktischen Betriebe der Landwirthschaft spielen können, und dass es eine ebenso dringliche wie dankbare Aufgabe ist, die Wirkung derselben nach allen Richtungen klarzulegen.

*) Durch die neuesten Arbeiten von Landolt, Plath und Baumann ist bereits z. B. das behauptete Nitrificirungs-Vermögen des Calciumcarbonats bestimmt widerlegt. — Ebenso liegen gegründete Einwendungen gegen das Entstehen von Salpetersäure bei der Verdampfung des Wassers vor.

Aber es dünkt mich, als müsse man bei dem jetzigen Stande unserer Kenntniss noch Bedenken tragen, die Wirkung dieser Ursachen zur Grundlage von Hypothesen zu machen. Es ist eben nicht schwer, mit Hülfe derselben eine bequeme Brücke zu zimmern, die man sofort überall hinwerfen kann, wo man „rüber“ will. Was ist leichter und einfacher, als wo man irgend eine auffällige Stickstoffzunahme, oder einen Stickstoffverlust im Boden bemerkt, diese Ursachen dafür verantwortlich zu machen — so lange man über die quantitative Wirkung der meisten von ihnen so gut wie gar nichts weiss. Aber gerade diese grosse Bequemlichkeit muss zur Vorsicht mahnen, und man wird verlangen dürfen, dass, ehe man die Hypothese als Erklärung für die bodenbereichernde Thätigkeit der Leguminosen annimmt, bestimmt und unwiderleglich bewiesen wird, dass durch die Vegetation der Leguminosen die Wirkung dieser Ursachen zunächst einmal in der That beeinflusst wird, welche Factoren es sind, deren gewinnbringende Thätigkeit befördert, deren verlustbringende gehemmt wird, wie und in welchem Grade sich dieser eigenthümliche Einfluss geltend macht.

Und was wird uns in dieser Beziehung geboten?

Culturversuche, welche sich mit der Stickstoffaufnahme der Leguminosen beschäftigen, liegen vor von Dietzell, Atwater, Joulie, Strecker, Frank und v. Wolff.

Fragen wir, welche thatsächlichen Resultate, abgesehen von jeder erklärenden Hypothese dieselben bieten, so finden wir Folgendes:

Atwater baut Zwergerbsen in ausgeglühtem Flusssande, dem er eine passende Nährstofflösung mit bald weniger bald mehr Calcium- resp. Kalium-Nitrat zusetzt und erhält in der Ernte in 9 Fällen, von zwölf mehr Stickstoff, und wenn er den im Boden verbliebenen Rest hinzurechnet, am Schlusse der Versuche sogar in 11 Fällen von zwölf mehr Stickstoff, als zu Anfang im Samen und der Nährlösung gegeben worden war. — Die Menge des am Schlusse der Versuche im Boden noch verbliebenen Stickstoffs war ausnahmslos bedeutend geringer als die zu Anfang gegebene.

v. Wolff nimmt einen ziemlich grobkörnigen ausgewaschenen Flusssand, setzt demselben theils nichts, theils eine stickstofffreie Nährmischung, theils eine eben solche mit weniger und mit mehr Kaliumnitrat zu, baut darin verschiedene Fruchtarten und findet in den Ernten von Hafer stets weniger, in denen von Bohnen, Lupinen, Rothklee und Erbsen ausnahmslos mehr und zwar sehr bedeutend mehr Stickstoff wieder, als in Samen und Dünger gegeben war. Die Kartoffel erwies sich in der Vegetation mit dem Hafer gleich, Wicke, Serradella, Wundklee verhielten sich den vorgenannten Leguminosen ähnlich. Veränderungen im Stickstoffgehalt des Bodens wurden nicht besonders bestimmt.

Frank lasst einen humushaltigen Sandboden (mit nahezu 1‰ Stickstoffgehalt) theils vegetationslos stehen, theils besäet er ihn mit Lupinen (resp. Lupinen und Inkarnatklee) und constatirt da, wo die Vegetation der Pflanzen eine gute ist, einen erheblichen Stickstoffgewinn und da, wo dieselbe schlecht war, einen Stickstoffverlust. Der Boden allein hatte ohne Pflanzendecke erheblich Stickstoff verloren, ebenso unter den nur zu geringer Entwicklung gelangten Pflanzen, während er unter zwei gut gewachsenen Lupinen am Schlusse des Versuchs sehr bemerkenswerth stickstoffreicher geworden war.

Joulie cultivirte ohne und mit Zugabe verschiedener Dünger in einem thonfreien Sandboden Buchweizen und in einem sandigen Lehmboden in zweijährigem Turnus Buchweizen mit darauf folgender Kleegrasmischung. Die Stickstoffbilanz ergab im ersteren Falle bis auf eine Ausnahme ein geringes, — im zweiten Falle ebenfalls bis auf eine einzige Ausnahme ein grösseres Plus. Welche Veränderungen der Boden in seinem Stickstoffgehalte erfuhr, ist aus den in den „Comptes rendus“ über die Versuche gemachten Mittheilungen nicht ersichtlich.

Strecker benutzte einen an organischen Bestandtheilen sehr armen Haidesand und einen Gartenboden (ersteren mit nur $^1/_{100}$ bis $^7/_{100}$ pro mille, letzteren mit reichlich $1^1/_2$ ‰ Stickstoffgehalt) theils ohne, theils mit Zugabe von stickstoffhaltigem Dünger und beobachtete dieselben in unbepflanztem Zustande und mit Lupinus luteus, Lupinus albus, Termis oder Avena trisperma besäet. Lässt man die Versuche, in welchen die Entwicklung der Pflanzen durch die gegebene Düngung offenbar geschädigt wurde, ausser Betracht und vergleicht die Stickstoffmengen mit einander, welche zu Anfang des Versuchs in Boden, Samen resp. Dünger gegeben und welche zu Ende des Versuchs in Boden + Ernte wieder erhalten waren, so findet man bei Haidesand mit ungedüngten Lupinen einen bedeutenden Stickstoffgewinn, sonst aber überall einen Stickstoffverlust, der aber bei den Versuchen mit Hafer in allen correspondirenden Fällen grösser ist, als bei denen mit Lupinen. Der Boden allein zeigte nirgends eine Stickstoffbereicherung, sondern hatte im Verlaufe der Versuche überall Stickstoff verloren und zwar am meisten in unbebautem Zustande, weniger wenn er mit Hafer, und am wenigsten, wenn er mit Lupinen bestanden war.

Dietzell operirte mit einem reichen Gartenboden (4 bis $4^1/_2$ p. m. Stickstoffgehalt), gab demselben nirgends einen stickstoffhaltigen Dünger, aber theilweise Kainit, Superphosphat, Calciumcarbonat und liess denselben in zwei Fällen unbebaut, in den andern besäete er ihn mit Klee oder Erbsen. Das Resultat war, dass auf dem mit Pflanzen bestandenen Boden am Schlusse der Versuche mit einer einzigen Ausnahme in Boden und Ernte zusammen stets weniger Stickstoff wiedergefunden wurde, als bei Anfang derselben in Boden und Samen resp. Dünger gegeben worden

war. Der ohne jeden Zusatz gelassene und unbebaute Boden allein dagegen erwies sich am Schlusse der Versuche nicht unerheblich stickstoffreicher, als am Beginn derselben.

Es ist mir weder Absicht noch Bedarf, diese Versuche eingehend zu kritisiren, aber ich frage, wo in aller Welt ist in den objectiven Ergebnissen derselben Auskunft darüber zu finden, auf welche Weise der bei den Leguminosenculturen so häufig beobachtete Stickstoff-Gewinn zu Stande gekommen ist, wo liegt in einem derselben oder in ihrer Gesammtheit überhaupt nur ein Beweis, dass die Leguminosen sich das nachgewiesene Stickstoff-Plus bestimmt nicht direct, sondern nothwendig nur indirect angeeignet haben konnten? Ich finde einen solchen nicht und die meisten der Herren Autoren fanden ihn wie es scheint auch selber nicht.

Dietzell schliesst aus seinen Versuchen nur, dass Klee- und Erbsenpflanzen durch ihre oberirdischen Organe gebundenen Stickstoff aus der Atmosphäre nicht aufnehmen und dass die lösliche Phosphorsäure im Boden eine stickstoffsparende Wirkung auszuüben vermöge.

Atwater und Joulie halten es für entschieden, dass das von den Leguminosen aufgenommene Stickstoff-Plus nur aus dem freien elementaren Stickstoff der Luft stammen könnte, halten aber das Wie? der Aufnahme für eine noch ganz offene Frage.

Frank glaubt aus seinen Versuchen nur wie folgt schliessen zu dürfen: Es giebt im Erdboden zwei entgegengesetzte Processe — einen stickstoffentbindenden und einen stickstoffbindenden; der letztere wird durch die Anwesenheit lebender Pflanzen begünstigt. Ueber das Wie des stickstoffbindenden Vorgangs können die beschriebenen Experimente noch keinen Aufschluss geben.

v. Wolff sucht die Erklärung seines Stickstoffplus vorzugsweise in der Absorption von Ammoniak durch den feuchten Boden, resp. in der Bindung des freien atmosphärischen Stickstoffs unter dem Einflusse des kohlensauren Kalks; giebt aber zu, dass es immerhin merkwürdig und nicht zu erklären ist, weshalb die angegebenen Momente nur bei den kleeartigen Pflanzen und den Hülsenfrüchten die Aufnahme der nöthigen Stickstoffnahrung so wesentlich erleichtern, dagegen das Wachsthum der Cerealien so gut wie gar nicht zu fördern im Stande sind.

Strecker allein hält die Hypothese von der indirecten Stickstoffaufnahme der Pflanzen für unzweifelhaft erwiesen und betrachtet den auch in seinen Versuchen auftretenden Unterschied zwischen dem Verhalten der Cerealien und Leguminosen überhaupt nicht als einen typischen, sondern nur als einen quantitativen.

Ueber die Frage, wie man sich eigentlich den günstigen Einfluss der Leguminosencultur auf die stickstoffbindenden und stickstoffentbinden-

den Processe im Boden zu denken hat, sind mir bis jetzt nur zwei Meinungsäusserungen bekannt geworden. Dieselben lauten:

Infolge der besseren Beschattung erhält sich der Boden unter einer Leguminosendecke mehr Feuchtigkeit und damit eine grössere Fähigkeit, Ammoniak aus der Luft zu absorbiren, und

die Leguminosen haben im Gegensatz zu den anderen Pflanzen ein ausnahmsweises Vermögen, die geringsten Spuren von assimilirbaren Stickstoffverbindungen aufzunehmen, zu ihren Lebenszwecken zu verwenden und dadurch vor der rückläufigen Umwandlung in nicht assimilirbare Verbindungen oder freien Stickstoff zu schützen.

Die erstere Annahme haben aber Wollny und Strecker als durchaus irrig nachgewiesen und gezeigt, dass der beschattete Boden nur in seiner obersten, ganz dünnen Schicht feuchter ist, als der unbeschattete, demnächst aber sogar trockener und dass in den tiefen Schichten ein Unterschied im Feuchtigkeitsgehalt des Bodens unter Leguminosen und Gramineen nicht stattfindet.

Bezüglich des zweiten Punktes habe ich in der Litteratur, soweit sie mir zur Verfügung steht, auch nicht den Versuch einer experimentellen Begründung zu finden vermocht.

Ich kann nicht umhin ein Bedenken einzuschieben, welches sich mir hier gegen die Richtigkeit der ganzen Hypothese von der indirecten Stickstoffaufnahme der Leguminosen aufdrängt.

Wenn man die Resultate der vorgenannten sechs Arbeiten im Zusammenhange betrachtet, so kann man trotz der Widersprüche, die sich im Einzelnen finden, nicht verkennen, dass der durch den Anbau von Leguminosen erreichte Stickstoffgewinn am geringsten ist in dem stickstoffreichsten Boden und am grössten in dem fast oder ganz stickstofffreien Sande; — dass er im Grossen und Ganzen so ungefähr in umgekehrtem Verhältnisse steht zu dem Humus-Reichthume des Bodenmaterials.

Entspricht dies den Voraussetzungen der Hypothese? Ich glaube nein, denn wo können sich die Einflüsse der Pflanzen auf die stickstoffbindenden und stickstoffentbindenden Vorgänge am stärksten bemerkbar machen? Doch offenbar in dem Boden, in welchem diese Processe am lebhaftesten vor sich gehen, welcher die grösste Fähigkeit hat, fortwährend Stickstoff in kleinen Quantitäten zu absorbiren und in welchem die Gefahr, durch Zersetzung der organischen Stoffe Verluste durch die Entbindung von freiem Stickstoff zu erleiden, am grössten ist? Wer aber wollte behaupten, dass dies nicht der humusreiche Gartenboden ist, sondern der ausgewaschene oder ausgeglühte Flusssand?

Doch wozu immer weiter schweifen? Das Gesagte wird hoffentlich genügen, um darzuthun, dass der experimentelle Beweis für die Richtig-

keit der Hypothese von der indirecten Stickstoff-Aufnahme der Leguminosen bis heute noch nicht geführt ist.

Wichtiger ist es uns jetzt, noch zu zeigen, warum uns die Ergebnisse unserer Versuche von 1883—85 durch diese Hypothese nicht erklärbar, ja warum sie uns geradezu gegen dieselbe zu sprechen schienen.

Es war zunächst dasselbe Bedenken, dem sich auch E. v. Wolff in der neuesten Veröffentlichung über das Verhalten verschiedener Pflanzen gegen die Zufuhr von Stickstoff nicht hat verschliessen können.

Die Wirkung nahezu aller der Processe, denen man einen stickstoffbindenden Einfluss im Boden zuschreibt, läuft schliesslich darauf hinaus, die Menge der Salpetersäure im Bodenvorrath zu vermehren. Die Salpetersäure aber ist für die Gramineen zweifellos die willkommenste, wenn nicht die einzige Form der Stickstoffnahrung. In unsern Versuchen befanden sich die Gramineen und die Leguminosen unter durchweg gleichen Vegetationsbedingungen, aber ohne Zusatz von Nitraten brachten es in dem blossen gewaschenen Sande nur die Leguminosen zu einer normalen, theilweise sogar üppigen Entwicklung, während die Gramineen immer produktionslos blieben. Wenn man diese Thatsache der Hypothese folgend dadurch erklären will, — der Boden habe zunächst eine gewisse aber geringe Menge Ammoniak absorbirt, eine gewisse aber geringe Menge von Nitraten auf Kosten des freien Stickstoffs der Atmosphäre gewonnen und diese Aneignung sei dann durch die Vegetation der Leguminosen in irgend welcher Weise immer weiter gesteigert etc., so giebt man damit auch zu, dass der Boden unter den Gramineen doch sich zunächst auch um eine gewisse, wenn auch geringe Menge Salpetersäure anreicherte. Wie geht es dann aber zu, dass die Gramineen sich von diesem gewissen, geringem Stickstoffgewinne des Bodens — nicht weniger als die Leguminosen — das wäre ja leicht erklärlich — sondern nichts, absolut nichts anzueignen vermögen?

Ich weiss, die unbedingten Anhänger der vierten Hypothese sind um eine Antwort auf diese Frage nicht verlegen; sie sagen: Die Leguminosen sind es eben nur allein, welche diese geringen Quantitäten gebundenen Stickstoffs im Boden sofort aufzufinden und zu assimiliren wissen, — die Gramineen besitzen das gleiche Vermögen nicht und der Stickstoffgewinn, den der Boden vermittelt, verfällt deshalb unter dem Gramineenbestande, ehe er sich zu der zur Assimilation erforderlichen Grösse anhäufen kann, immer sofort wieder den rückläufigen, im Boden thätigen stickstoffentbindenden Processen, und geht deshalb immer in demselben Tempo wieder verloren, als er errungen wird.

Nun, ich habe schon oben gezeigt, dass die Unfähigkeit der Gramineen, assimilirbare Stickstoffverbindungen aus sehr verdünnten Lösungen

aufzunehmen, ebensowenig wie das Vermögen der Leguminosen, dies in auffallender und typisch verschiedener Weise thun zu können, experimentell erwiesen seien, und füge jetzt hinzu, dass die Ergebnisse unserer Versuche bestimmt mehr gegen als für die Richtigkeit der ersteren Annahme sprechen.

Bei unseren Leguminosen-Ernten in stickstofflosem Boden handelt es sich nicht um eine zufällige Kleinigkeit, sondern in einzelnen Fällen um einen Stickstoffgewinn von gegen 1000 mg Stickstoff und selbst mehr. Bei unseren Culturversuchen mit Gramineen aber waren wir mit dem Zusatze von Nitraten zu 4 Kilo Boden von 224 bis zu 28 mg Stickstoff d. h. bis zu 1 Theil Stickstoff auf pptr. 150,000 Theile Boden herabgegangen, und — selbst die geringsten Stickstoffgaben hatten auf die Entwicklung der Gramineen nicht nur gewirkt, sondern — worauf es hier ankommt, — relativ genau eben so gut gewirkt, wie die grösseren Zusätze d. h. je ein Theil Stickstoff hatte in den Fällen, wo er in sehr geringer Concentration gegeben worden war, gerade ebenso etwas mehr als 90 Theile oberirdische Trockensubstanz von Hafer und Gerste produzirt, wie da, wo er in stärkeren Concentrationen angewendet wurde. Entspricht dies der obigen Annahme? Ich glaube kaum. Musste sich nicht vielmehr, wenn es wahr ist, dass es den Gramineen schwieriger wird, den Stickstoff aus sehr wenig concentrirten Lösungen aufzunehmen, auch schon in unserem Falle bei den stark verminderten Stickstoffgaben zwar nicht ein Aufhören aber wenigstens die Andeutung eines Rückgangs in der relativen Stärke der Stickstoffwirkung bemerkbar machen?

Noch mehr schien mir ein anderer Theil der Beobachtungen einer Anwendung der Hypothese auf unsere Versuchs-Resultate entgegen zu stehen:

Wenn unser Sand ohne Zusatz von Nitraten gelassen wurde, so vermochten es nie die Gramineen, nur die Leguminosen, in demselben zu einer normalen Entwicklung zu gelangen, — aber auch die Leguminosen nicht gleichmässig und keineswegs immer.

Im Jahre 1885 standen bei uns 16 Culturgefässe (No. 102 bis 117) gleichmässig mit unserem Quarzsande beschickt, dem eine passende stickstofffreie Nährlösung beigegeben war, und jedes mit zwei Erbsenpflanzen besetzt. Die Culturbedingungen waren für alle Nummern dieselben, aber das Wachsthum der Erbsen trotzdem nichts weniger als gleich. In zwei Gefässen war die Vegetation der Pflanzen nichts weiter als ein moderirter Hungertod, in zwei anderen brachten sie es zu einer auffallenden und ganz ungewöhnlichen Ueppigkeit, von den übrigen wuchs die eine Hälfte wenig befriedigend, die andere gut; in mehreren Gefässen wuchs nur die

eine Pflanze frisch und kraftig, wahrend die andere hungerte. Es lieferten beispielsweise einen Ernteertrag an oberirdischer Trockensubstanz:

Von Nummer	Pflanze a.	Pflanze b.	Beide Pflanzen zusammen	und in der Ernte wurde mehr Stickstoff wiedergefunden als im Samen u. Boden gegeben war.
	g	g	g	g
105.	17,091	16,056	33,147	+ 1,133
109.	13,192	14,622	27,816	+ 0,730
107.	0,919	1,064	1,983	?
115.	0,689	1,029	1,718	+ 0,000
111.	5,786	6,965	12,751	+ 0,265
117.	0,630	7,003	7,633	?

Alle Gefässe hatten, wie gesagt, dasselbe Bodenmaterial und dieselbe Nahrlösung erhalten, alle waren an dem gleichen Tage und auf die gleiche Weise bestellt worden, alle waren so aufgestellt, dass ihnen während der Vegetation der Pflanzen Luft, Licht, Wärme in gleicher Weise zu gute kamen, in allen wurde die Bodenfeuchtigkeit — gleichgültig, ob die Pflanzen darin ärmlich oder üppig wuchsen — mit Hülfe der Waage zwischen den gleichen Grenzen schwankend erhalten. In allen Gefässen konnten und mussten sich also die stickstoffbindenden und stickstoffentbindenden Processe, soweit sie von dem Boden abhängen, ganz gleichmässig geltend machen.

Die 32 Erbsenpflanzen aber waren ausnahmslos gesunde, normale Exemplare. In den ersten drei Wochen ihres Lebens, d. h. so lange ihnen der Same Nahrung lieferte, wuchsen sie alle gut, zeigten dann alle zugleich durch Zurückbleiben in der Entwickelung den vollständigen Verbrauch der Reservestoffe an und liessen am Ende der 5. Vegetationswoche noch nicht den geringsten Unterschied unter sich bemerken. Erst nach dieser Zeit traten, und zwar scheinbar ganz unvermittelt, die Verschiedenheiten in dem Wachsthum und der Stickstoffassimilation ein, die sich allmählich zu der Grösse steigerten, wie sie die vorgesetzten Ernteresultate zeigen.

Wie soll man nun auch diese Beobachtung aus der Hypothese der indirecten Stickstoffaufnahme erklären? Soll man schliessen: die ausnahmsweise Fähigkeit der Leguminosen, Stickstoff aus den verdünntesten Lösungen aufzunehmen, ist bei denselben individuell? Einzelne Exemplare besitzen sie so wenig wie die Gramineen, andere mehr oder weniger, einzelne in einem bewunderungswürdigen Grade?

Zur Steuer der Wahrheit und um Missverständnisse zu vermeiden, muss hier hinzugefügt werden, dass bei den 16 Parallelversuchen des Jahres 1885 allerdings eine Ungleichheit bestand, die wir bisher zu er-

wähnen unterlassen haben. Die Nummern hatten nämlich ausser der Nährlösung noch paarweise einen von No. 102 bis 117 steigenden Zusatz von kohlensaurem Kalke erhalten. Wir hielten uns für voll berechtigt, auf diesen Unterschied keinen Werth zu legen, weil derselbe ganz offenbar auf den Effect unserer Versuche keinen Einfluss geübt hatte. Nicht die Pflanzen wuchsen schlecht, welche kein Kalkcarbonat erhalten hatten, und nicht die entwickelten sich üppig, denen dasselbe in reichlicher oder in einer günstigen mittleren Menge gegeben worden war. Ein einziger Blick auf die oben S. 40—42 stehende specielle Erntetabelle genügt, um zu zeigen, dass die Unterschiede in der Entwickelung unserer Versuchspflanzen mit den verschiedenen Kalkgaben in absolut keinem Zusammenhange standen. Ausserdem aber waren dieselben Unterschiede in der Entwickelung der in stickstofflosem Boden vegetirenden Erbsen uns schon bei unseren älteren, aus den 60er Jahren stammenden Versuchen entgegengetreten, bei welchen der Kalkgehalt des Bodens gleich war, — ja sie waren es gerade, die uns zur Fortsetzung der Arbeit bewogen hatten, — und dieselben Unterschiede zeigten sich wieder ohne Variation im Zusatze von Calciumcarbonat bei unseren späteren Versuchen im Jahre 1886, die weiter unten ihre Beschreibung finden werden.

Eine dritte Beobachtung, die uns nicht mit der Hypothese vereinbar schien, war folgende:

Bei unseren Leguminosen-Culturen hatten wir stets neben den Versuchen in stickstofflosem Boden auch solche stehen, in denen dem Boden theils kleinere, theils grössere Mengen von Nitraten zugesetzt waren. Die letzteren zeigten, dass die Leguminosen die Nitrate sehr wohl aufnehmen und so gut assimiliren, wie die Gramineen, aber die ganze Entwickelung der in stickstoffhaltigem Boden stehenden Pflanzen zeigte noch ausserdem einen sehr bestimmten und immer wiederkehrenden Unterschied von dem Wachsthum der in ein stickstoffloses Bodenmaterial gebrachten, auf den wir schon oben wiederholt hingewiesen haben und der uns sehr bemerkenswerth erschien. Während nämlich die ersteren immer vom Aufgehen an bis zur Ernte resp. bis die gegebenen Nitrate verbraucht waren, gleichmässig und ohne eine sichtbar werdende Unterbrechung fortwuchsen, zerfiel die Vegetation der letzteren sozusagen sprungweise in drei so auffallend wie deutlich geschiedene Epochen. In der ersten Periode, welche die ersten drei oder vier Wochen des Lebens umfasste und offenbar der Zeit angehörten, in welcher die jungen Pflänzchen durch die Reservestoffe des Samens ernährt wurden, wuchsen dieselben freudig und normal. Auf diese Periode folgte dann plötzlich eine andere des vollständigen Stillstandes resp. Rückganges in der Produktion. Die jungen Pflanzen verloren ihre frische grüne Farbe, häufig gingen die ältesten Blätter durch Resorption wieder zu Grunde, etwa neu gebildete Blätter waren

ansehnlich kleiner als die alten und kümmerlich; kurz die Erbsen verhielten sich in dieser Zeit gerade ebenso, wie in stickstofflosem Boden stehende und dort langsam verhungernde Gramineen. Die Dauer dieser Periode war bei verschiedenen Pflanzen sehr verschieden, bei einzelnen erstreckte sie sich nur auf wenige Tage, bei anderen hielt sie viele Wochen an. Ihr folgte dann wiederum ziemlich unvermittelt die dritte Periode, in welcher die Pflanzen wieder ergrünten, zu assimiliren begannen und dann bis zu Ende gut weiterwuchsen.

Diese Erscheinungen traten bei den in stickstofflosem Boden gebauten Leguminosen immer, bei den Gramineen niemals auf; wir hatten sie schon bei unseren älteren Versuchen notirt, sie begegneten uns in den 80er Jahren überall wieder und E. v. Wolff sind sie bei seinen Culturen ebenso aufgefallen. Da der plötzliche Stillstand der Vegetation in der zweiten Periode sich also durch eine Zugabe von Nitrat zum Boden leicht und vollständig vermeiden lässt, so ist derselbe nicht anders wie als Folge eines zeitweiligen Stickstoffhungers zu deuten.

Wenn man versuchen will, die Beobachtung mit Hülfe der Hypothese der indirecten Stickstoffaufnahme durch die Leguminosen zu erklären, so geräth man, wie mich dünkt, sofort in eine höchst bedenkliche Alternative.

Entweder hält man an der ausnahmsweisen Fähigkeit der Leguminosen, die geringsten Spuren von Nitraten im Boden auffinden und assimiliren zu können, fest und muss dann annehmen, dass unser Boden bis zum Eintritt der Stickstoffhungerperiode unserer Versuchspflanzen noch keine Nitrate gebunden resp. gebildet hatte.

Wie aber lässt sich dies mit den angegebenen Thatsachen vereinigen? Wir hatten oben bei der speciellen Beschreibung der Versuche angeführt, dass im Jahre 1884 die Ansaat unserer angekeimten Erbsen am 5. Mai erfolgte. Die Aufstellung der mit der feuchten Bodenmischung gefüllten Gefässe fand demgemäss schon in der letzten Aprilwoche statt. Die Stickstoffhungerperiode der im stickstofflosen Boden stehenden Pflanzen fiel in die Zeit von Anfang bis Mitte Juni und geerntet wurde am 28. August. — Von dem mit Aufstellung der Culturgefässe zu datirenden Beginne des Versuchs bis zum Ende der Hungerperiode der Pflanzen waren also pptr. acht, von da bis zur Ernte elf Wochen verflossen.

Im Jahre 1885 erfolgte die Aufstellung der Gefässe schon Ende März und die Einsaat am 2. April, die Hungerperiode der Pflanzen machte sich bei den Pflanzen, die sich am frühesten daraus befreiten, in der Zeit von Anfang bis Mitte Mai bemerkbar, der Schluss der Versuche fiel durch die ungleiche Reife der Pflanzen bedingt von Mitte Juli bis Mitte August. — Die Zeit vor Beendigung der Hungerperiode umfasste also in diesem Versuchsjahre mindestens sieben, die Vegetationszeit nachher höchstens vierzehn Wochen.

Die Stickstoffbilanz ergab am Schlusse des Versuchs bei den beiden besten Nummern ein Plus von 910 und 1242 mg Stickstoff. Der Stickstoffgewinn war also ein für die gegebenen Verhältnisse sehr erheblicher und derselbe wurde von den Pflanzen lediglich in der dritten der oben geschilderten Vegetationsperioden erworben, d. h. innerhalb elf bis höchstens vierzehn Wochen, oder sogar richtiger in einem noch kürzeren Zeitraume, weil die Ernte immer erst nach dem vollständigen Vertrocknen der Pflanzen, also immer erst eine Weile nach dem Aufhören der Assimilation vorgenommen wurde.

Die Stickstoff bindenden Processe im Boden mussten doch jedenfalls mit dem Momente ihre Thätigkeit beginnen, in welchem derselbe aufgestellt und mit Nährlösung begossen war. Warum zeigte sich von der Wirkung derselben Ursachen sieben bis acht Wochen lang keine Spur, welche in der unmittelbar darauf folgenden Zeit die Aufnahme von durchschnittlich etwa 10 mg Stickstoff pro Tag vermittelten? —

Oder man nimmt an, dass zwar die Bindung des Stickstoffs im Boden sofort mit Aufstellung der Gefässe in minimaler Grösse begonnen habe, dass aber natürlich erst einige Zeit nöthig gewesen sei, um eine gewisse Summe von Nitraten anzuhäufen, resp. den hauptsächlich in Form von Ammoniak absorbirten Stickstoff zu nitrificiren, ehe derselbe seine Wirkung auf die Vegatation habe geltend machen können.

Wo aber bleibt dann wieder die ausnahmsweise Fähigkeit der Leguminosen, sehr geringe Spuren von assimilirbaren Stickstoffverbindungen im Boden aufzufinden? und warum schöpften aus diesem bis zu einer gewissen Grösse angehäuften Stickstofffond die Gramineen nicht ebenfalls?

(Es sei erlaubt, hier vorgreifend zu erwähnen, dass, wie uns spätere Versuche lehrten, eine Nitratgabe, welche der winzigen Menge von $1^3/_4$ mg Stickstoff pro Kilo Boden entspricht, schon eine sehr sichtliche Wirkung auf die Vegetation der Leguminosen, aber ebenso auch der Gramineen und anderer Gewächse ausübt.)

Schliesslich kann ich nicht umhin, hier noch eine Beobachtung wenigstens flüchtig zu berühren.

Bei Beschreibung unserer Versuche fanden wir oben schon öfter Gelegenheit zu erwähnen, dass unsere in stickstofflosem Boden wachsenden Erbsen, nachdem sie ihre Hungerperiode überwunden hatten, in ihrem dritten Vegetationsstadium eine manchmal auffallend rasche und energische Entwicklung zeigten, dass sie die mit Nitraten gedüngten, vom Aufgehen an ohne Unterbrechung vorwärts wachsenden Pflanzen öfter in dem Zeitraum von wenig Wochen einholten, ja überholten. Es waren besonders drei schon wiederholt genannte Pflanzenpaare, die in dieser Beziehung unsere Aufmerksamkeit erregten, nämlich die der Nummer 90 vom Jahre 1884 und die der Nummer 105 und 109 aus dem Jahre 1885.

Die Vegetation dieser sechs Pflanzen war nicht schlechthin gut oder befriedigend zu nennen, sondern entschieden üppig. Dicke, saftstrotzende Stengel, breite fleischige Blätter und eine ungewöhnliche tief dunkelgrüne Färbung zeichneten sie während ihrer ganzen dritten Vegetationsepoche auffallend aus. Der procentische Stickstoffgehalt der trocknen Ernteprodukte erwies sich als ausnahmsweise hoch, die Analyse ergab

	Stickstoff in		
	Samen	Stroh u. Spreu	Wurzeln
	%	%	%
1884.			
von No. 90	4,5	1,5	3,0
von den übrigen Nummern . .	2,8 bis 4,2	0,5 bis 1,4	1,9 bis 2,8
1885.			
von No. 105	5,3	2,5	4,3
von No. 109	5,1	1,2	2,6
von allen übrigen Nummern . .	3,7 bis 4,7	0,6 bis 1,3	1,6 bis 3,6
Als Durchschnittsgehalt der im Felde geernteten Erbsen wird angenommen (Wolff'sche Tabellen)	4,2	1,3	?

Aehnliche Erscheinungen findet man bei den Gramineen an solchen Pflanzen, welche mit einem relativen Ueberschuss von Nitraten ernährt sind.

Das Resultat der Stickstoffbilanz war, dass am Schlusse der Versuche in den Ernteprodukten

der Nummer 90 . . . . . 910 mg
„ „ 105 . . . . . 1242 „
„ „ 109 . . . . . 798 „ Stickstoff

mehr enthalten, als zu Anfang in Boden und Samen gegeben worden waren.

Um sich bewusst zu werden, welch' bedeutende Grösse diese Stickstoffmengen repräsentiren, erinnere man sich, dass, wie wir oben nachwiesen, ein Zusatz von pptr. 300 mg Stickstoff in Form von Calciumnitrat genügte, um unter gleichen Verhältnissen eine Maximalernte unserer Gramineen zu produziren, und dass eine Gabe von 500 bis 600 mg Stickstoff schon das Auftreten von krankhaften Erscheinungen bei denselben zur Folge hatte.

Die drei Nummern bieten interessante Beispiele dafür, dass die Leguminosen im Stande sind, in einem stickstofflosen Boden nicht nur ihren nothwendigen Bedarf an Stickstoff mühelos zu erwerben, sondern

sogar Luxusconsumtion mit ihrer Stickstoffnahrung zu treiben, und ich muss gestehen, dass mir, wenn ich versuchte, die Stickstoffaufnahme durch die verschiedenen Pflanzen mit den stickstoffbindenden Vorgängen im Boden in Zusammenhang zu bringen, neben der Vegetation dieser sechs Pflanzen die volle Produktionslosigkeit der Gramineen, das Verhalten der ebenfalls fast produktionslosen Controlle-Erbsen und die constant eintretende Hungerperiode der Leguminosen unter den ganz gleichen Culturbedingungen immer noch räthselhafter erschien als sonst.

7.

Alle Erwägungen führten demnach auch jetzt wieder zu dem Schlusse, dass sich unsere Beobachtungen mit den bisher aufgestellten Hypothesen über die Stickstoffaufnahme der Leguminosen nicht wohl vereinigen liessen, und wir fühlten uns gezwungen, schon wegen der beabsichtigten Fortsetzung unserer Versuche bezüglich Feststellung des Stickstoffbedarfs der landwirthschaftlichen Culturpflanzen, uns nach einer anderen Erklärungsweise umzuschauen.

Bei Aufsuchen derselben glaubten wir von den beiden Voraussetzungen ausgehen zu müssen:

erstens die Quelle, aus welcher unsere Leguminosen schöpften, war der freie elementare Stickstoff der Atmosphäre — denn nur mit dieser Annahme ist der bedeutende, in so kurzer Zeit erworbene Stickstoffgewinn vereinbar — und

zweitens die Ursache, welche die Aufnahme des freien Stickstoffs vermittelte, lag ausserhalb der von uns absichtlich gegebenen Versuchsbedingungen und war dem Zufalle überlassen — darauf wies die gänzliche Regellosigkeit in dem Verhalten der Controlleversuche mit aller Bestimmtheit hin.

Die von Anderen gemachten Beobachtungen, dass die im Boden vorkommenden Mikroorganismen fähig sind, den freien Stickstoff der Luft in Eiweissverbindungen überzuführen einerseits, und dass gewisse Pilze die Möglichkeit besitzen, mit den höher organisirten phanerogamen Gewächsen in ein auf gegenseitiger Förderung beruhendes symbiotisches Verhältniss zu treten anderseits, schienen weiter zu leiten.

In der That liessen sich sämmtliche von uns gemachten Erfahrungen und zwar ohne dass sich gleichzeitig irgend ein Widerspruch mit den Beobachtungen Anderer ergab, leicht und ungezwungen mit Hülfe folgender Annahme erklären:

Unser als Bodenmaterial benutzter doppelt gewaschener Glassand war von Haus aus zwar nicht frei, jedoch arm an Mikroorganismen

und Pilzkeimen. Solche Keime der verschiedensten Art sind aber in Boden, Wasser, Luft überall so reichlich verbreitet, dass es schwierig genug ist, Objecte vor der Infection mit denselben zu schützen. Von dem Augenblicke an, wo unsere Culturgefässe mit dem Sande beim Beginne der Versuche im Freien aufgestellt wurden, waren sie auch dem Zutritte von Pilzkeimen ausgesetzt, der natürlich für jedes Gefäss ein ganz zufälliger war und ein sehr verschiedener sein konnte. Wenn man nun weiter annahm, dass die Leguminosen die Fähigkeit haben, mit gewissen Arten von Pilzen in ein symbiotisches Verhältniss zu treten, welches zunächst die Entwickelung der letzteren und damit die Stickstoffaufnahme, rückwirkend aber wieder das Wachsthum der Leguminose wesentlich fördert, wenn man erwägt, dass zur Ausbildung dieses Verhältnisses eine gewisse Zeit gehört, und endlich annimmt, dass diese Fähigkeit eben nur den Leguminosen, nicht aber den Gramineen oder anderen landwirthschaftlichen Culturpflanzen zukommt, so wurden damit alle unsere Beobachtungen, die Produktionslosigkeit der Gramineen in einem nitratlosen Boden, das Wachsthum der Leguminosen in einem solchen, die Verschiedenheiten in der Ertragshöhe der Controlleversuche, wie einzelner in dem gleichen Culturgefässe zusammenstehenden Pflanzen, die eigenthümliche Hungerperiode der Leguminosen, ja die Luxusconsumtion von Stickstoff durch einige Individuen vollständig erklärlich.

Natürlich konnte diese Annahme zunächst nur eine sogenannte Arbeitshypothese bilden, die sich, wie wir zugestehen müssen, vorläufig nur schwach begründen liess. Berthelot hatte gezeigt, dass von einem sterilisirten Boden nicht, wohl aber von einem nicht sterilisirten Boden Stickstoff in einer Form gebunden wird, welche sich durch Wasser nicht auswaschen lässt; der letzte Beweis, dass dieser Vorgang auf die Thätigkeit von Bacterien zurückzuführen ist, war streng genommen damit vielleicht noch nicht beschafft. Andrerseits haben die Leguminosen keine Mycorhizen und bei den bis jetzt bekannten Mycorhizen-Bildungen sind keine Bacterien betheiligt.

Aber das konnte gleichgültig sein; war die Hypothese falsch, so mussten weitere Versuche dies ja bald zeigen; wenn sie uns nur zu neuen Resultaten führte und mit bestimmt erwiesenen Thatsachen nicht in directem Widerspruche stand.

Das letztere aber war nicht der Fall, ja der Umstand, dass die Leguminosen in ihren Wurzelknöllchen ihnen eigenthümliche Organe besitzen, die nach den Untersuchungen der Botaniker mit Bacterien resp. Pilzhyphen ausgefüllt sein sollten, schien sogar auf den Ort hinzudeuten, an welchem man eine Aufklärung über das besondere Verhalten der Leguminosen bei der Stickstoffaufnahme in erster Linie zu suchen habe.

Ich muss hier einflechten, dass uns zu der Zeit, als wir diese Erwägungen machten, die vorläufige Mittheilung über die Knöllchen an den Leguminosenwurzeln von Brunchorst (Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft. 1885. S. 241 pp.) noch unbekannt war, in welchen die Anwesenheit von Bacterien in den Knöllchen geleugnet und die darin vorhandenen mikroskopischen Körperchen als organisirte Eiweisskörper — Bacteroiden — gedeutet werden.

Als uns der genannte Aufsatz im Sommer 1886 bekannt wurde, befanden sich unsere neuesten Versuche schon in vollem Gange und lieferten in kürzester Zeit einige Resultate, die uns umsomehr zur Fortsetzung derselben ermunterten, als die Brunchorst'sche Beobachtung unsere Arbeit über die Stickstoff-Assimilation der Leguminosen keineswegs so nahe berührte, dass sie dieselben ohne Weiteres als überflüssig erscheinen liess; denn wenn auch wirklich der eigenthümliche Inhalt gewisser Zellpartien der Wurzelknöllchen nicht aus Bacterien, sondern aus Bacteroiden bestand, so liessen sich sehr wohl verschiedene andere Beziehungen denken, innerhalb welcher die Leguminosen und die im Boden vorkommenden niederen Organismen mit oder auch ohne Theilnahme der Knöllchen gegenseitig fördernd auf ihre Entwickelung einwirken konnten.

Jedenfalls aber musste es unsere nächste Aufgabe bilden, den Versuch zu machen, ob es experimentell nachweisbar sei, dass zwischen der Stickstoffaufnahme der Leguminosen und der Gegenwart von lebensfähigen Mikroorganismen ein ursächlicher Zusammenhang besteht.

Unserer Annahme zufolge musste eine absichtliche Zugabe von Mikroorganismen zu unserem stickstofflosen Sande das Wachsthum der Leguminosen sichtlich und entschieden begünstigen und die Regellosigkeit der Controllversuche wenn nicht aufheben, so doch in bestimmter Weise vermindern, für die Entwickelung der Gramineen aber einflusslos bleiben. Und anderseits mussten die Leguminosen in unserem stickstofflosen Sande, wenn derselbe vor Beginne der Versuche sterilisirt und während der Vegetationszeit vor dem zufälligen Zutritte von Pilzkeimen geschützt wurde, entweder ebenso wie die Gramineen produktionslos verhungern, oder mindestens in ihrer Entwickelung deutlich gehemmt sein.

Fiel das Resultat des Experimentes in diesen beiden Richtungen negativ aus, so war unsere Hypothese damit sofort beseitigt, zeigte es sich positiv, so war die Richtigkeit derselben wohl noch nicht endgültig erwiesen, gewann aber bedeutend an Wahrscheinlichkeit.

Hiermit war die Grundidee für unsere nächste Thätigkeit gegeben.

Ausserdem aber erschien es uns erwünscht, nebenher noch einige andere Versuche gehen zu lassen betreffend:

das Verhalten der Gramineen und Leguminosen gegen Nitrat-Lösungen von äusserst geringer Concentration,

die Wirkung des kohlensauren Kalks als stickstoffbindenden Bodenfactors auf die Vegetation, und

die Frage, ob es nothwendig sei, auf den freien Stickstoff der Luft als Nahrungsquelle der Leguminosen zurückzugehen.

Indem ich nachstehend die Beschreibung der in diesen Richtungen in den Jahren 1886 und 1887 ausgeführten Versuche folgen lasse, halte ich es für zweckmässig, wie oben die detaillirten Unterlagen und Zahlenergebnisse zuförderst sämmtlich nebeneinander zu stellen und die Besprechung der Resultate am Schlusse zu vereinigen.

Es wird genügen, im Allgemeinen vorauszuschicken, dass die Ausführung der Versuche sorgfältig und genau nach der früher angewandten und oben detaillirt beschriebenen Methode erfolgte.

Bei der beabsichtigten Zuführung von Mikrobien resp. Pilzkeimen konnte selbstverständlich, da von den Arten der Organismen, welche möglicherweise hier in Frage kamen, noch absolut nichts bekannt war, von einer etwaigen Benutzung von Reinculturen nicht die Rede sein. Wir begnügten uns deshalb damit, zu diesem Behufe einfach einen Bodenaufguss zu verwenden. Dass in jedem gesunden Culturboden Mikroorganismen in zahlloser Menge vorhanden sind, ist eine wohlbekannte Thatsache, — dass in einem guten Ackerboden, in welchem seit einer langen Reihe von Jahren Leguminosen in regelmässigem Turnus gebaut werden, auch solche Pilzarten, die für unsere Zwecke nöthig waren, in reicher Zahl vertreten sein würden, war mit Bestimmtheit anzunehmen, — und zunächst lag uns nur die Frage vor: ob, nicht welche Organismen bei der Stickstoffaufnahme der Leguminosen mit thätig sind.

Praktisch verfuhren wir so, dass eine Quantität Ackerkrume entweder in natürlich feuchtem Zustande oder leicht lufttrocken mit der fünffachen Menge destillirten Wassers übergossen, wiederholt tüchtig durchgerührt und so lange stehen gelassen wurde, bis sich der grösste Theil des aufgeschlemmten Sandes und Thones wieder abgesetzt hatte. Je nach der Beschaffenheit des Bodens war hierzu eine kürzere oder längere (unter Umständen bis 10 Stunden) Zeit erforderlich. Dann wurde die überstehende immer noch bald mehr bald weniger trübe Flüssigkeit abgegossen und bei der Anstellung der Versuche davon eine nach jedesmaligem Umschütteln abgemessene Quantität mit der Nährlösung vereinigt in der ganzen angewendeten Sandmenge vertheilt.

Die Sterilisirung wurde, wo sie in Anwendung kommen sollte, wie folgt besorgt:

Die Glasgefässe wurden mit einer Lösung von Quecksilberchlorid (1 : 1000) sorgfältig ausgewaschen und nach etwa 10 Minuten mit absolutem Alkohol rein gespült. Die zur Bodendrainage dienenden Steine wurden mit der dünnen Watteschicht, mit der sie überdeckt werden

sollten, zwei Stunden lang bei einer Temperatur bis über 150° C. im Trockenschrank stehen gelassen. Hierauf wurde der Sand noch warm aufgefüllt, welcher auf einem geräumigen Sandbade in sehr flachen bedeckten Kupferpfannen derart erhitzt worden war, dass er mindestens $2^1/_2$ Stunden lang bei einer Temperatur gestanden hatte, welche das Thermometer in den unteren Schichten auf über 200° C., in den oberen auf 150—160° C. angab. Dazu wurde die Nährstofflösung, welche in zwei getrennten Abtheilungen (a. Calciumnitrat, b. übrige Salze gemischt) im Kolben mit Watteverschluss zwei Stunden, oder erst einmal $^1/_4$ Stunde und nach Verlauf von zwei Tagen wiederum 4 Stunden lang im Dampfsterilisator gekocht worden war, beigemischt, dann die Samen, welche vorher zwei Minuten lang in eine Quecksilberlösung (1 : 1000) gelegt und dann mit gekochtem Wasser gut abgespült waren, eingesäet, und schliesslich die ganze Oberfläche des Bodens resp. Culturgefässes mit einer dicken Lage wie oben sterilisirter Baumwolle bedeckt.

Es ist kaum nöthig zu bemerken, dass die nach allen Richtungen gut vorbereitete Operation des Füllens und Bestellens der Gefässe stets mit thunlichster Raschheit ausgeführt wurde.

Die während der Vegetation nöthige Wasserzufuhr wurde in der Folge nur mit destillirtem Wasser bewirkt, welches vor dem Gebrauche ein auch zweimal eine Stunde lang unter Watteverschluss gekocht worden war.

8.

Versuche aus dem Jahre 1886.

Bei den Culturversuchen des Jahres 1886 erwuchs uns ein ebenso unerwarteter wie bedeutender Verlust an Arbeit und Zeit durch einen Umstand, den ich zu Nutz und Frommen Anderer, die sich mit ähnlichen Experimenten beschäftigen, hier nicht unerwähnt lassen will.

Um auch die geringen Spuren von Stickstoff auszuschliessen, die unser gewaschener Sand noch enthielt, hatten wir beschlossen, denselben demnächst nur in geglühtem Zustande anzuwenden, und eine befreundete Glasfabrik hatte es in entgegenkommender Weise übernommen, das Ausglühen des Materials bis zu jeder erwünschten Menge zu besorgen.

Leider aber mussten wir damit recht bald die trübe Erfahrung machen, dass diesmal unsere Versuchspflanzen, schon beim Aufgehen bedenklich aussehend, sich sehr unregelmässig, theilweise sogar kränklich entwickelten und in Kurzem zu einem vertrauenswürdigen Versuche untauglich erwiesen. Der Grund fand sich bei einer leider zu spät vorgenommenen Prüfung des geglühten Sandes leicht in einer, wahrschein-

lich durch aufgeflogene Aschenbestandtheile verursachten sehr bemerklichen alkalischen Reaction desselben.

Es blieb also nichts weiter übrig, als unsere gesammten Versuche sofort über Bord zu werfen und eine neue Serie mit Benutzung unseres alten, bewährten Materials an ihre Stelle zu setzen. Glücklicherweise hatten wir mit Aufstellung der ersten diesmal sehr früh (schon im März) begonnen und konnten es so ermöglichen, die neuen Versuche mit Ende des Monats Mai im Gange zu sehen, — immerhin freilich sehr spät, aber wie die Folge bewies, doch noch nicht zu spät.

A. Gerste.

Verhältnisse im Allgemeinen:

Culturgefässe — 24,5 cm hoch; 15,13 cm Durchmesser;

Sand pro Culturgefäss — 4600 g;

Bodenfeuchtigkeit während der Vegetation — schwankend von 15 bis 10 % (60—40 % der wasserfassenden Kraft des Sandes);

Versuchsfrucht — Hordeum distichum (Chevaliergerste);

Saatgut — specifisches Gewicht über 1,269; absolutes Gewicht zwischen 44 und 50 mg lufttrocken; im Mittel à Korn 46,45 mg schwer, mit 11,75 % Feuchtigkeit;

Aussaat — 14 Samen pro Culturgefäss; davon 7 junge Pflänzchen wieder entfernt und 7 zur vollen Entwicklung stehen gelassen;

Vegetationszeit. — Die in destillirtem Wasser angequellten Samen wurden mit schon hervorgebrochenem Würzelchen ausgesäet am 27. Mai und erschienen über dem Boden am 31. Mai bis 1. Juni.
Ernte am 5. August.

Nährstoffe — pro Culturgefäss:

0,5444 g Kaliummonophosphat.
0,1492 „ Kaliumchlorid,
0,2400 „ Magnesiumsulphat

und dazu:

Culturgefäss No.	Calciumnitrat g	darin Stickstoff g
118.	1,312	0,224
119.	1,312	0,224
120.	0,656	0,112
121.	0,656	0,112
122.	0,000	0,000
123.	0,000	0,000

Resultat:

Die Vegetation der Gerste verlief ohne Störung von Anfang bis zu Ende.

Bei der Ernte wurde gefunden:

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben g	Anzahl der ährentragenden Halme.	Länge derselben cm	Anzahl der ausgebildeten Samen.
118.	0,224	14	78—91	246
119.	0,224	12	83—89	243
120.	0,112	10	63—78	151
121.	0,112	8	64—81	136
122.	0,000	4	18—27	0
123.	0,000	5	23—27	2

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben g	Ertrag an Trockensubstanz Körner g	Spreu g	Stroh g	Summa g	Verhältniss Summa d. Ernte = 100 Körner	Spreu	Stroh	Ein Korn wog trocken i. Durchschn. mg
118.	0,224	8,100	13,359		21,459	37,7	62,3		32,9
119.	0,224	8,438	12,854		21,292	39,6	60,4		34,8
120.	0,112	4,506	7,443		11,949	37,7	62,3		29,9
121.	0,112	4,607	8,109		12,716	36,2	63,8		33,9
122.	0,000	0.000	0,459		0,459	—	100,0		—
123.	0,000	0,032	0,554		0,586	5,5	94,5		16,0

B. Hafer.

Verhältnisse im Allgemeinen:

Culturgefässe, Sandmenge, Bodenfeuchtigkeit genau wie in den vorhergehenden Versuchen mit Gerste.

Versuchsfrucht. — Avena sativa (Probsteier Hafer von Metz & Co.).

Saatgut — absolutes Gewicht zwischen 39 und 45 mg lufttrocken; im Mittel à Korn 41,80 mg mit 13,01 % Feuchtigkeit.

Aussaat — 14 Samen, wovon 7 wieder entfernt und 7 zur vollen Entwicklung stehen gelassen wurden.

Vegetationszeit — die vorher in destillirtem Wasser angequellten Samen wurden mit hervorgetretenem Würzelchen am 28. Mai ausgesäet und erschienen am 1. Juni über dem Boden.

Ernte am 5. August.

Nährstoffe pro Culturgefäss:

0,5444 g Kaliummonophosphat,
0,1492 „ Kaliumchlorid,
0,2400 „ Magnesiumsulphat

und ausserdem:

Culturgefäss No.	Calciumnitrat g	darin Stickstoff g
124.	1,312	0,224
125.	1,312	0,224
126.	0,656	0,112
127.	0,656	0,112
128.	0,000	0,000
129.	0,000	0,000

Resultat:

Aufgang und Vegetation der Pflanzen waren im Allgemeinen gut, nur in Gefäss No. 125 entwickelte sich eine Pflanze anormal, indem der Haupthalm beim Schossen sitzen blieb und statt dessen drei schwächliche Seitentriebe entwickelte, die ebenso schwächliche mit schlecht ausgebildeten Samen besetzte Rispen brachten.

Die Ernte ergab:

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben g	Anzahl der rispentragenden Halme.	Länge derselben cm	Anzahl der ausgebildeten Samen.
124.	0,224	9	79—94	301
125. †	0,224	11	43—99	339
126.	0,112	7	70—87	211
127.	0,112	7	54—97	210
128.	0,000	5	18—22	3
129.	0,000	6	18—22	0

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben g	Ertrag an Trockensubstanz Körner g	Spreu g	Stroh g	Summa g	Verhältniss Summa d. Ernte = 100 Körner	Spreu	Stroh	Ein Korn wog trocken i. Durchschn. mg
124.	0,224	8,688	12,014		20,702	42,0	58,0		28,9
125. †	0,224	7,928	10,667		18,595	42,6	57,4		23,4
126.	0,112	4,724	6,876		11,600	40,7	59,3		22,4
127.	0,112	4,518	6,944		11,462	39,4	60,6		21,5
128.	0,000	0,052	0,400		0,452	11,5	88,5		17,3
129.	0,000	0,000	0,439		0.439	—	100,0		—

†) Eine Pflanze abnorm.

C. Erbsen.

Verhältnisse im Allgemeinen:

Culturgefässe — 24 cm hoch; 15/13 cm im Durchmesser.

Sand per Culturgefäss — 4000 g.

Bodenfeuchtigkeit während der Vegetation — schwankend von 15—10 % (= 60—40 % der wasserfassenden Kraft des Sandes).

Fruchtart — Erbse „Ruhm von Cassel“ von Gebr. Dippe-Quedlinburg.

Saatgut — absolutes Gewicht zwischen 200 und 250 mg; im Mittel à Korn 231,7 mg lufttrocken mit 12,4 % Feuchtigkeit.

Aussaat pro Culturgefäss 2 Samen, von denen das Würzelchen vorher in destillirtem Wasser hervorgetrieben war.

Vegetationszeit — Aussaat am 25. Mai.
Aufgang 2.—3. Juni.
Ernte 4. September.

Nährstoffe — pro Culturgefäss:
0,5444 g Kaliummonophosphat,
0,1492 „ Kaliumchlorid,
0,2400 „ Magnesiumsulphat.

In dieser Weise wurden in Summa 42 Gefässe bestellt, von denen die 30 Nummern 130—159 zu weiterer Disposition ohne jeden weiteren Zusatz gelassen wurden;

die 10 Nummern 160—169 dagegen erhielten daneben eine Gabe von dem nach oben beschriebener Art aus dem humosen Lehmmergelboden unseres Versuchsfeldes bereiteten Aufgusse und zwar pro Culturgefäss 25 ccm — entsprechend 5 g Boden;

für die beiden Nummern 170 und 171 endlich wurden die Gefässe, die Nährlösung und die Samen in der oben bezeichneten Weise sterilisirt, der Sand im Chamotte-Tiegel und Windofen ausgeglüht, sterilisirter Bodenaufguss zugegeben, der Boden von Anfang bis Ende des Versuchs mit sterilisirter Watte bedeckt erhalten und nur mit destillirtem Wasser begossen, welches vorher anhaltend gekocht war.

Ein Zusatz von Nitraten oder anderen stickstoffhaltigen Verbindungen wurde nirgends gegeben.

Resultat:

Der Aufgang war ein vortrefflicher; von den 84 jungen Erbsenpflänzchen befriedigten nur vier (in No. 151 und 165 je eine und in No. 168 beide) aus dem oder jenem Grunde nicht und wurden sofort (3. Juni) durch gute, schon weiter ausgekeimte Samen ersetzt.

Bezüglich der weiteren Entwicklung der Pflanzen begnüge ich mich, folgende Stelle aus unserem Beobachtungs-Journal wörtlich anzuführen:

„In den ersten beiden Wochen des Juni ist ein Unterschied im Stande und Aussehen der Erbsen nicht zu bemerken.

„Hierauf beginnen alle gleichmässig durch hellere, gelbliche Färbung das zu Ende gehen der Reservestoffe zu markiren, aber schon vom 13. Juni an lässt sich bei scharfem Inquiriren finden, dass die Nummern 160 bis 169 etwas grüner schimmern, als die Nummern 130 bis 159, und dieser Unterschied verschärft sich von Tage zu Tage. Zwar fangen auch einzelne Nummern, oder einzelne Pflanzen aus der Serie 130—159 an zu ergrünen, andere aber bleiben gelb.

„Schon am 18. Juni ist der Effect des Zusatzes von Bodenaufguss entschieden. Sämmtliche zwanzig Pflanzen der Serie 160—169 haben die Periode des Stickstoffhungers überwunden, sie sehen ohne eine einzige Ausnahme schön grün aus, assimiliren und sind im Begriffe zu wachsen; während die Serie 130—159 das alte bekannte Bild bietet, in welchem ganz unerklärt einzelne Pflanzen sich üppig machen, andere leiden und hungern.

„Am 29. Juni stehen sämmtliche Pflanzen der Serie 160—169 vortrefflich, haben eine schöne sattgrüne Farbe, wachsen rasch (meist entwickelt sich schon das zehnte Blatt) und die jüngeren Blattgebilde sind breit, ja üppig, ausgelegt.

„Die beiden sterilisirten Nummern sind seit Mitte Juni stetig rückwärts gegangen, fast jede Spur von Grün ist verschwunden, neue Organe sind nicht gebildet.

„Die Serie 130—159 sieht jetzt (29. Juni) sehr bunt aus und zwar sind:

in No. 131 und 147 beide Pflanzen so schön wie die Pflanzen in No. 160—169, welche Bodenaufguss erhalten haben,

in den Nummern 130, 133, 139, 146, 152 und 158 steht nur je eine Pflanze in der Entwicklung mit den vorgenannten gleich, während die andere noch weit zurück ist, resp. sich noch ganz in der Periode des Stickstoffhungers befindet.

„Bedeutend schlechter entwickelt, aber aus dem Stickstoffhunger heraus, erweisen sich

von den Nummern 132, 140, 141, 145, 148, 154, 155 und 157 beide Pflanzen,

von den Nummern 138, 139, 149, 150, 151, 153 je eine Pflanze, während die andere noch ganz zurück ist.

„Nach Entwicklung des sechsten Blattes in der Entwicklung stehen geblieben, vollständig gelb von Farbe und recht erbärmlich sind

von den Nummern 135, 136, 137, 142 und 144 beide Pflanzen und wenig hoffnunsvoller, aber doch schon mit einem Anfluge von Grün die beiden Pflanzen der Nummern 134, 143, 156 und 159.“ —

Im weiteren Verlaufe des Versuchs behielt die Vegetation der Erbsen den oben geschilderten Charakter getreulich bei.

In der ohne jede weitere Behandlung sich selbst überlassenen Serie No. 130 bis 159 standen üppig entwickelte Exemplare, reine Hungerpflanzen und alle denkbaren Zwischenstufen bis zur Reife regellos durcheinander.

In der mit einer Zugabe von Bodenaufguss bedachten Serie No. 160 bis 169 wuchsen sämmtliche Pflanzen freudig und in hohem Grade gleichmässig weiter.

Die Pflanzen der beiden sterilisirten Nummern 170 und 171 schienen zunächst lange es über die ersten mit Hülfe der Samen-Reservestoffe gebildeten sechs Blätter nicht hinweg bringen zu können. Als aber dieselben schon zur Hälfte aufgezehrt und vertrocknet waren, quälte sich noch Mitte Juli und zwar bei allen 4 Pflanzen ein einziger Seitentrieb hervor, der die letzte Kraft derselben erschöpfte und mit der Entwicklung von vier sehr kleinen, ärmlichen Blättern das Hungerleben schloss.

Vor erlangter Reife wurden geerntet, resp. aus der Versuchsreihe herausgenommen:

1. um zu einer näheren Untersuchung der Wurzeln und der daran befindlichen Knöllchen zu dienen,
   am 30. Juni:
   aus Serie I die Nummern 133, 136, 142, 152 und 153,
   aus Serie II die Nummer 163,
   und am 27. Juli:
   aus Serie I die Nummern 134, 137 und 140,

2. zu einem Experimente, über welches erst weiter unten berichtet werden soll, betreffend die Frage, ob der freie oder der gebundene Stickstoff der Atmosphäre als Nahrungsquelle für die Leguminosen anzusprechen sei,
   am 2. Juli:
   aus Serie II die Nummern 162, 164, 166, 167 und 168.

Die stehen gebliebenen Pflanzen lieferten reif geerntet:

Versuchs-No.	Pflanze	Ertrag an Trockensubstanz: Samen	Spreu	Stroh	oberirdische Organe in Summa	Anzahl der ausgebildeten Samen
		g	g	g	g	
	Serie I., ohne Zusatz von Bodenaufguss und nicht sterilisirt.					
130.	a + b.	8,956	3,081	8,335	20,372	61
131.	a + b.	5,290	2,215	7,548	15,053	34
132.	a + b.	5,799	1,645	4,799	12,243	35
135.	a.	0,000	0,000	0,297	0,297	—
	b.	1,363	0,425	1,544	3,332	6
	a + b.	1,363	0,425	1,841	3,629	6
138.	a.	0,466	0,188	1,080	1,734	4
	b.	2,425	0,529	2,526	5,480	19
	a + b.	2,891	0,717	3,606	7,214	23
139.	a + b.	3,921	1,442	5,454	10,817	31
141.	a + b.	2,405	0,845	3,865	7,115	19
143.	a + b.	0,837	0,488	1,968	3,293	7
144.	a + b.	0,293	0,147	1,200	1,640	5
145.	a + b.	6,540	1,887	4,216	12,643	44
146.	a + b.	6,037	1,967	5,186	13,190	36
147.	a + b.	7,564	2,350	7,391	17,305	40
148.	a.	0,892	0,545	2,266	3,703	9
	b.	0,906	0,252	1,121	2,279	8
	a + b.	1,798	0,797	3,387	5,982	17
149.	a.	3,897	0,813	3,016	7,726	29
	b.	0,920	0,310	0,924	2,154	7
	a + b.	4,817	1,123	3,940	9,880	36
150.	a + b.	3,740	1,232	3,671	8,643	24
151.	a + b.	4,963	1,543	4,772	11,278	39
154.	a + b.	5,735	1,749	4,544	12,028	32
155.	a + b.	7,607	2,292	6,051	15,950	52
156.	a + b.	0,825	0,704	2,889	4,418	10
157.	a + b.	6,195	1,935	4,453	12,583	40
158.	a + b.	8,071	2,095	6,976	17,142	42
159.	a + b.	0,450	0,252	1,160	1,862	5
	Serie II., mit Zusatz von Bodenaufguss.					
160.	a + b.	5,797	1,885	8,107	15,789	27
161.	a + b.	9,123	2,134	7,511	18,768	53
165.	a + b.	8,878	2,503	8,362	19,743	53
169.	a + b.	6,673	2,105	7,422	16,200	32

Serie III., sterilisirt.

Versuchs-No.	Pflanze	Trockensubstanz in Samen	Spreu	Stroh	oberirdische Organe in Summa	Wurzeln	ganze Pflanze
		g	g	g	g	g	g
170.	a.	—	—	0,205	0,205	0,045	0,250
	b	—	—	0,230	0,230	0,035	0,265
	a + b.	—	—	0,435	0,435	0,080	0,515
171.	a.	—	—	0,262	0,262	0,040	0,302
	b.	—	—	0,225	0,225	0,032	0,257
	a + b.	—	—	0,487	0,487	0,072	0,559

Anhang.

Wir glaubten den Erfolg unserer Erbsenculturen in keiner Weise zu schädigen, wenn wir diesmal mit denselben noch gleich einen weiteren kleinen Nebenversuch vereinigten, und legten deshalb am 25. Juni, als das Schicksal der einzelnen Erbsenpflanzen schon entschieden war, als einige derselben schon lebhaft assimilirten, andere noch tief im Hungerstadium staken, in jedes der Gefässe von No. 130 bis 169 zwei Gersten- und zwei Sommerrübsen-Samen nach.

Die Absicht, welche uns hierbei leitete, ist leicht genug verständlich, und wir werden unten Gelegenheit nehmen, ausführlicher auf dieselbe zurückzukommen.

Hier wird es genügen, zu erwähnen, dass die nachgelegten Pflänzchen sämmtlich gut aufgingen und ihr Leben bis zur Halm- und Blüthen-, einige sogar bis zur Aehren- resp. Schoten-Bildung brachten, alle aber Miniaturexemplare blieben. Sie verhielten sich ausnahmslos, wie Pflanzen, die in einem stickstofflosen Boden wachsen, und verhungerten langsam — gleichgültig, ob sie in einem Gefässe standen, in dem die Erbsen vortrefflich vegetirten, oder kümmerlich, — gleichgültig, ob dem Sande Bodenaufguss zugefügt war, oder nicht.

Zu näherer Instruction wurde am Schlusse der Versuche das Gewicht von einzelnen dieser Pflanzen bestimmt und als Gehalt der oberirdischen Theile an Trockensubstanz gefunden:

bei der Gerste: 0,061—0,107 g
bei dem Sommerrübsen: 0,007—0,012 g.

D. Verschiedene Pflanzenarten.

Der Eingangs erwähnte fatale Umstand, dass wir im Jahre 1886 genöthigt waren, wegen der ungeeigneten Beschaffenheit des verwendeten geglühten Sandes unsere gesammten Versuche erst einmal fortzuwerfen,

hatte uns soviel Zeit geraubt, dass wir gezwungen waren, uns bei der zweiten Generation der Versuche auf eine einzige Leguminosenart — die Erbse — zu beschränken, so sehr wir gewünscht hatten, davon mindestens ein Paar heranzuziehen.

Nicht weniger lag es uns am Herzen, das Verhalten der Leguminosen bei Verwendung von Bodenaufgüssen verschiedener Abstammung zu prüfen, bei welcher wir von unserem Standpunkte aus erwarten durften, möglicherweise charakteristische Verschiedenheit im Effecte zu erhalten.

Der Wunsch, aus diesem Jahre nach beiden Richtungen wenigstens nicht ganz im Finstern zu scheiden, war es, welcher uns veranlasste, noch nach Mitte Juli die folgenden Versuche in Gang zu bringen.

Wir wussten dabei sehr genau, dass dieselben nur orientirende sein und dass die Pflanzen nicht mehr zur Reife kommen konnten, aber wir durften wenigstens bestimmt hoffen, die letzteren noch bis zu einem Punkte der Entwicklung kommen zu sehen, bei welchem es nicht mehr zweifelhaft war, ob sie Stickstoff assimilirt hatten oder nicht.

Demnach wurden 42 Culturgefässe in gewohnter Weise mit je 4 kg Sand gefüllt, der mit 4 g Calciumcarbonat gemengt und mit folgender Nährstoffmischung versehen wurde:

pro Culturgefäss

0,5444 g Kaliummonophosphat
0,1492 „ Kaliumchlorid und
0,2400 „ Magnesiumsulphat.

Die 42 Gefässe wurden in sechs Serien vertheilt, von denen

Serie I., 9 Gefässe No. 172—180,

ohne jeden weiteren Zusatz blieb,

Serie II., 9 Gefässe No. 181—189,

eine Zugabe von Bodenaufguss u. zw. von 5 g humosem Lehmmergel-Boden von unserem bei Bernburg gelegenen Versuchsfelde pro Culturgefäss,

Serie III., 9 Gefässe No. 190—198,

Bodenaufguss von einem bei der Bahnstation Güterglück von einem Lupinenfelde entnommenen Sandboden (Quantität ebenfalls immer je 5 g Boden pro Gefäss entsprechend),

Serie IV., 9 Gefässe No. 199—207,

eine Beigabe von 0,041 g Calciumnitrat — entsprechend 0,007 g Stickstoff —

Serie V., 3 Gefässe No. 208—210,

0,656 g Calciumnitrat = 0,112 g Stickstoff pro Culturgefäss und

Serie VI., 3 Gefässe No. 211—213,

ebenfalls 0,656 g Calciumnitrat = 0,112 g Stickstoff und ausserdem dieselbe Menge Bodenaufguss von dem Lehmmergel-Boden unseres Versuchsfeldes wie Serie II. erhielten.

Am 22. Juli wurden diese Nummern dann mit verschiednerlei Samen derart besäet, dass immer in je 1 Culturgefäss 3—5 verschiedene Pflanzenarten nebeneinander gelangten. So kamen zu stehen:

in die Nummern	172, 173 u. 174	Ser.	I.	je 2 Pflanzen von	Gerste, Sommerrübsen, weissem Senf, Erbsen und Rothklee.
„ „ „	181, 182 u. 183	„	II.		
„ „ „	190, 191 u. 192	„	III.		
„ „ „	199, 200 u. 201	„	IV.		
„ „ „	208	„	V.		
„ „ „	211	„	VI.		
„ „ „	175, 176 u. 177	„	I.	je 2 Pflanzen von	Hafer, Buchweizen und gelber Lupine.
„ „ „	184, 185 u. 186	„	II.		
„ „ „	193, 194 u. 195	„	III.		
„ „ „	202, 203 u. 204	„	IV.		
„ „ „	209	„	V.		
„ „ „	212	„	VI.		
„ „ „	178, 179 u. 180	„	I.	je 2 Pflanzen von	Gerste, Serradella, Wicke und Pferdebohne.
„ „ „	187, 188 u. 189	„	II.		
„ „ „	196, 197 u. 198	„	III.		
„ „ „	205, 206 u. 207	„	IV.		
„ „ „	210	„	V.		
„ „ „	213	„	VI.		

Resultat:

Der Aufgang der Pflanzen war in Folge der hohen Tages-Temperatur ein sehr rascher und durchweg befriedigender, die erste durch den Verbrauch der Samen-Reservestoffe gekennzeichnete Vegetationsperiode, die natürlich bei Pflanzenarten, deren Samengrösse so verschieden war, wie z. B. die der Pferdebohne und des Rübsens, eine sehr ungleiche Zeitdauer umfasste, eine gute.

Ein bestimmter Unterschied machte sich für die Beobachtung zunächst bemerklich, als nach Beendigung des sogenannten Keimlebens allmählich sämmtliche Pflanzen der drei ersten Serien, welche keinen Zusatz von Nitraten erhalten hatten, in den bekannten Hungerzustand übertraten, während die Vegetation in sämmtlichen Nummern der drei letzten Serien, denen mehr oder weniger Nitrate mitgegeben waren, ungestört weiter vorwärts schritt.

Allerdings hielten diese günstigen Verhältnisse in den Nummern der Serie IV., die nur über 7 mg Nitrat-Stickstoff zu verfügen hatten, nur kurze Zeit an; es sei aber ausdrücklich erwähnt, dass ein Effect dieser ausserordentlich geringen Stickstoffgabe unverkennbar war.

In der V. und VI. Serie liess sich die vortheilhafte Wirkung der grösseren Stickstoffgabe bei Gerste, Hafer, Rübsen und Buchweizen auch dauernd weiter verfolgen. Bei den sechs verschiedenen Leguminosen aber wurde sie später zweifelhaft, indem nur die Bohnen und Wicken sich in beiden Serien gut, aber immerhin recht unregelmässig, — die Erbsen und der Klee in der V. Serie ziemlich schlecht, in der VI. wesentlich besser, — und die Serradella und Lupinen in beiden Serien wenig befriedigend fortentwickelten.

Das grösste Interesse aber bot uns das weitere Verhalten der Pflanzen in den ersten drei Serien, welche sämmtlich keinen Zusatz von Nitraten erhalten hatten, durch folgende Beobachtung:

Gerste, Hafer, Rübsen und Buchweizen verblieben in allen drei Serien dauernd in dem Hungerzustande und hatten von dem zugegebenen Bodenaufguss in keinem Falle einen sichtbaren Nutzen.

Bohnen, Wicken, Erbsen und Klee zeigten nur in den Gefässen der I. Serie, welche überhaupt keinen Zusatz erhalten hatte, zumeist gar kein Wachsthum, nur vereinzelte Exemplare begannen nach längerer Zeit zu assimiliren. In der II. Serie, in welcher ein Bodenaufguss von Bernburger Lehmmergel-Boden gegeben war, traten sie dagegen nach kurzer Zeit ausnahmslos aus dem Hungerzustande heraus, assimilirten und wuchsen freudig. In der III. Serie mit Bodenaufguss vom Güterglücker Sandlande überwanden sie zwar auch sämmtlich die Hungerperiode, entwickelten sich aber in der Folge sichtlich und auffallend weniger gut, als in der II.

Serradella und Lupinen dagegen verhielten sich in der I. und ebenso in der II. Serie genau wie Gerste, Hafer etc. d. h. sie verhungerten produktionslos. In der III. Serie allein wurden alle Pflanzen vom 24. August ab grün, wuchsen rasch vorwärts und übertrafen nach einiger Zeit an Ueppigkeit Erbsen, Klee, Wicken wie Bohnen.

Diese Scheidung der sechs Leguminosen in zwei Gruppen, von denen die eine sich gegen den Aufguss aus Lehmmergelboden in höchstem, gegen den aus Sandboden in geringerem Grade dankbar erwies, während die andere gegen den Lehmmergelaufguss gar nicht reagirte, von dem Sandbodenaufguss aber einen sehr grossen und sichtlich grösseren Nutzen zog als die erstere, — war so bestimmt wie charakteristisch.

Für jeden Versuch waren drei Controllennummern mit je zwei Pflanzen vorhanden; bei keiner von diesen trat eine Ausnahme von dem geschilderten Verhalten hervor; jeder Gedanke an eine Zufälligkeit bei dem Resultate erscheint damit ausgeschlossen.

Es war Anfang September, als die bedeutenden Unterschiede in dem Stande der Pflanzen über die Richtigkeit der Beobachtung nicht mehr in Zweifel liessen.

Am 16. September wurde je eine Controllenummer von den vier ersten Serien herausgenommen, um die Wurzeln einer Untersuchung unterwerfen und die Pflanzen zu Demonstrationszwecken benutzen zu können.*)

Sämmtliche übrige Nummern blieben noch bis Anfang November stehen und brachten es bis dahin mit Ausnahme der specifischen Hungerpflanzen noch durchweg bis zur Blüthenbildung, ohne dass in dem oben geschilderten gegenseitigen Verhältnisse eine Aenderung eingetreten wäre.

Nur eine einzige Ausnahme ist der Steuer der Wahrheit gemäss zu verzeichnen.

Von den beiden stehen gebliebenen Nummern 193 und 195 der Serie III. nämlich entwickelten sich nur in einer die Lupinen bis zu Ende des Versuches normal und so gut wie Feldpflanzen. In der andern aber wurden dieselben gegen Mitte October in eigenthümlicher Weise gelb und kränklich.

Ueber den Grund dieser Erscheinung sind wir nicht im Unklaren geblieben, und ich werde nicht verfehlen, unten bei einer passenderen Gelegenheit die Erklärung dafür zu geben.

Da die hierher gehörigen Versuchspflanzen den natürlichen Abschluss ihrer Vegetation nicht erreicht, theilweise auch Anfang November schon vom Frost etwas gelitten hatten, wurde von jeder quantitativen Ermittelung abgesehen. Wir werden das ganze Experiment auch des weiteren nur als orientirenden Vorversuch behandeln. Zunächst aber nahmen wir von demselben Veranlassung, für die Versuche des Jahres 1887 die Serradella und Lupine in grösserem Umfange mit heranzuziehen.

Versuche aus dem Jahre 1887.

A. Hafer.

Verhältnisse im Allgemeinen:

Culturgefässe — 24 cm hoch, 15/13 cm Durchmesser.

Sand pro Culturgefäss — 4000 g.

Bodenfeuchtigkeit — während der Vegetationszeit schwankend von $17^1/_2$ bis 10 % (70 – 40 % der wasserfassenden Kraft des Sandes).

Versuchsfrucht — Probsteier Hafer.

Saatgut — absolutes Gewicht zwischen 40 und 46 mg lufttrocken; im Mittel à Korn 44,65 mg schwer mit 12,9 % Feuchtigkeit.

Aussaat — 14 Samen pro Culturgefäss; davon 7 Pflänzchen nach dem Aufgehen wieder entfernt.

*) Bei Gelegenheit der Naturforscher-Versammlung in Berlin vorgezeigt.

Vegetationszeit — die in destillirtem Wasser angequellten Samen wurden mit ausgetretenem Würzelchen ausgesäet am 9. Mai;
Aufgang am 15. Mai;
Ernte am 4. August.

Nährstoffe — pro Culturgefäss:

0,5444 g Kaliummonophosphat
0,2984 „ Kaliumchlorid
0,2220 „ Calciumchlorid
0,2400 „ Magnesiumsulphat
} in Lösung und
4 „ Calciumcarbonat trocken beigemischt.

Der Sand und die Nährstofflösungen zu sämmtlichen Versuchen wurden vor dem Einbringen in der oben beschriebenen Weise erhitzt; nicht weil wir die Absicht gehabt hätten, hier dieselben zu sterilisiren, sondern nur, um zu sehen, ob unser Bodenmaterial bei dieser Operation eine Veränderung erführe, welche auf die Vegetation irgend einen merkbaren Einfluss ausübt.

Aus den 20 Culturgefässen, welche der Versuch umfasste, wurden dann 5 Serien in folgender Weise gebildet.

Serie I., ohne Beigabe von Stickstoff.

No. 214 und 215 ohne jeden weiteren Zusatz überhaupt.

No. 216 und 217 erhielten einen Aufguss von humosem Lehmmergel-Boden (Versuchsfeld der Station) und zwar 25 ccm — entsprechend 5 g Boden.

No. 218 und 219 erhielten einen weiteren Zusatz von 36 g Calciumcarbonat, so dass die Menge des letzteren hier in Summa 40 g oder 1 % des Bodens betrug.

Serie II., mit Beigabe von Stickstoff und zwar pro Culturgefäss:

No. 220 und 221: 0,328 g Calciumnitrat = 0,056 g Stickstoff.
No. 222 und 223: 0,656 „ „ = 0,112 „ „

Serie III., mit Beigabe von Stickstoff und Bodenaufguss und zwar — Bodenaufguss genau wie die Nummern 216 und 217 — Stickstoff pro Culturgefäss:

No. 224 und 225: 0,328 g Calciumnitrat = 0,056 g Stickstoff.
No. 226 und 227: 0,656 „ „ = 0,112 „ „

Serie IV., mit Beigabe von Stickstoff und kohlensaurem Kalk und zwar — Calciumcarbonat genau wie bei den Nummern 218 und 219 — Stickstoff pro Culturgefäss:

No. 228 und 229: 0,328 g Calciumnitrat = 0,056 g Stickstoff.
No. 230 und 231: 0,656 „ „ = 0,112 „ „

Serie V., mit einer sehr geringen Menge Stickstoff und zwar pro Culturgefäss:

No. 232 und 233: 0,041 g Calciumnitrat = 0,007 g Stickstoff.

Resultat:

Der Aufgang der Pflanzen war in diesem Jahre vortrefflich und ein sehr gleichmässiger Stand derselben bei Beginn der Versuche die unmittelbare Folge davon.

Mit Anfang Juni begannen sämmtliche Nummern der ersten Serie (ohne Stickstoff) hinter den anderen zurück zu bleiben. Am 3. dieses Monats war dies schon sehr merklich.

Die Wirkung der sehr geringen Stickstoffgabe von 7 mg pro Culturgefäss in Serie V. machte sich sehr prägnant kenntlich dadurch, dass die Pflanzen erst mehrere Tage später in ihrer äusseren Erscheinung den Stickstoffhunger anzeigten, als die Pflanzen der I. Serie, und dass sie in der Folge stets ein sichtliches Uebergewicht über diese behielten.

Von der Zugabe von Bodenaufguss und Kalk dagegen, war nie und nirgends, weder mit noch ohne Nitratgabe ein sichtlicher Effect, sei es positiv oder negativ, zu constatiren.

So erwünscht die Entwicklung unserer Versuchspflanzen im Allgemeinen verlief, so wurden sie doch einmal von einer Störung betroffen, welche einen ungünstigen Einfluss auf die Ausbildung der Blüthe und Frucht in einzelnen Reihen hatte und die wir nicht unberührt lassen können. Ueber den Grund derselben sind wir nicht im Unklaren. Wir finden denselben in einer zeitweiligen*) Emission von feinem Sodastaub aus einer 1 Kilometer in der Luftlinie östlich von der Station entfernten jenseits der Saale liegenden Fabrik. Das gleichzeitige weit deutlichere Auftreten derselben schädlichen Erscheinung an den Feldfrüchten in der vorherrschenden westlichen Windrichtung und in grösserer Nähe der Fabrik lässt darüber keinen Zweifel. Glücklicherweise wurden wir von dem unerwünschten Segen nur einmal bei dem Wehen eines lebhaften Ost-Süd-Ost-Windes gestreift. Die geringen Spuren von Alkali, um die es sich hier handelte, reichten allerdings nicht aus, die kräftiger construirten Laubtheile der Pflanzen zu schädigen (selbst in der unmittelbaren Nähe der Fabrik war an diesen, soweit sie einjährigen Pflanzen angehörten, niemals irgend welche nachtheilige Einwirkung nachweisbar), aber sie genügten, um die zarteren Blüthenorgane ungünstig zu beeinflussen. An unseren zu dieser Zeit blühenden Erbsen blieben die schön und reichlich gebildeten Blüthen unbefruchtet, und der in der Periode des Fruchtansatzes stehende Hafer brachte viel taube Körner.

*) Anmerkung. Jetzt beseitigt.

Wie Ernte und Stickstoffbestimmungen zeigen, wurde dadurch nur die Ueberführung der assimilirten Stoffe in die Frucht, nicht aber die Assimilation selbst, die Quantität der gebildeten Trockensubstanz wie des aufgenommenen Stickstoffs und der Zweck unseres Versuchs überhaupt betroffen.

Bei der Ernte wurde gefunden:

Versuchs-No.	Gegeben: Stickstoff	Gegeben: Bodenaufguss ccm	Gegeben: Calciumcarbonat g	Anzahl der: ährentragenden Halme	Anzahl der: unfruchtbaren Triebe	Länge der 7 Haupthalme cm	Anzahl der: Aehrchen	Anzahl der: mehr oder weniger ausgebildeten Samen	Anzahl der: tauben Samenanlagen
			Serie I., ohne Stickstoff.						
214.	—	—	4	6	4	21—23	8	8	1
215.	—	—	4	6	4	21—22	8	6	1
216.	—	25	4	10	4	22—23	12	3	9
217.	—	25	4	8	2	21—25	11	6	6
218.	—	—	40	7	4	21—26	10	7	6
219.	—	—	40	7	4	20—25	12	4	9
			Serie II., mit Stickstoff.						
220.	0,056	—	4	7	—	49—59	51	56	23
221.	0,056	—	4	7	—	53—56	60	56	49
222.	0,112	—	4	7	1	71—82	120	147	80
223.	0,112	—	4	7	2	67—78	129	111	118
			Serie III., mit Stickstoff und Bodenaufguss.						
224.	0,056	25	4	7	—	47—59	51	47	38
225.	0,056	25	4	7	—	47—60	54	49	44
226.	0,112	25	4	7	2	70—81	129	95	124
227.	0,112	25	4	7	3	68—79	131	102	118
			Serie IV., mit Stickstoff und Kalk.						
228.	0,056	—	40	7	—	46—62	62	58	45
229.	0,056	—	40	7	—	46—60	62	58	39
230.	0,112	—	40	7	3	68—79	134	114	117
231.	0,112	—	40	7	2	71—81	142	161	90
			Serie V., mit einer Spur Stickstoff.						
232.	0,007	—	4	7	1	21—29	15	8	7
233.	0,007	—	4	7	—	24—31	12	12	4

Versuchs-No.	Gegeben: Stickstoff	Gegeben: Bodenaufguss	Gegeben: Calciumcarbonat	Ertrag an Trockensubstanz: Samen: mehr oder weniger ausgebildet	Ertrag an Trockensubstanz: Samen: taub	Ertrag an Trockensubstanz: Spreu	Ertrag an Trockensubstanz: Stroh	Ertrag an Trockensubstanz: oberirdische Organe in Summa
	g	ccm	g	g	g	g	g	g
Serie I., ohne Stickstoff.								
214.	—	—	4	0,067		0,026	0,496	0,589
215.	—	—	4	0,035		0,061	0,508	0,604
216.	—	25	4	0,048		0,094	0,517	0,659
217.	—	25	4	0,158		0,069	0,511	0,738
218.	—	—	40	0,145		0,061	0,452	0,658
219.	—	—	40	0,092		0,079	0,497	0,668
Serie II., mit Stickstoff.								
220.	0,056	—	4	1,376	0,077	0,185	2,965	4,603
221.	0,056	—	4	1,527	0,258	0,225	3,654	5,664
222.	0,112	—	4	4,086	0,460	0,468	7,027	12,041
223.	0,112	—	4	3,332	0,616	0,460	7,065	11,473
Serie III., mit Stickstoff und Bodenaufguss.								
224.	0,056	25	4	1,226	0,231	0,173	3,031	4,661
225.	0,056	25	4	1,297	0,261	0,180	3,245	4 983
226.	0,112	25	4	2.900	0,604	0,458	7,500	11,462
227.	0,112	25	4	3,040	0,588	0,500	7,688	11,816
Serie IV., mit Stickstoff und Kalk.								
228.	0,056	—	40	1,678	0,279	0,230	3,549	5,736
229.	0,056	—	40	1.373	0,300	0.242	3.536	5,451
230.	0,112	—	40	3,160	0,552	0,487	7,200	11.399
231.	0.112	—	40	4,519	0,512	0,520	7,292	12,843
Serie V., mit sehr wenig Stickstoff.								
232.	0,007	—	4	0,234		0,080	0,667	0,981
233.	0,007	—	4	0,293		0,063	0,690	1,046

B. Buchweizen.

Allgemeine Verhältnisse:

Culturgefässe, Bodenfeuchtigkeit, Sand, mineralische Nährstoffe und Behandlung der beiden letzteren ganz wie beim Hafer.

Saatgut — absolutes Gewicht zwischen 20 und 23 mg lufttrocken pro Korn.

Aussaat — 4 Samen pro Culturgefäss, wovon 2 nach dem Aufgehen wieder entfernt wurden.

Vegetationszeit — Aussaat am 10. Mai;
Ernte am 4. August.

Von den 8 Culturgefässen der Reihe erhielten:

No. 234 und 235 — keinen weiteren Zusatz,

No. 236 und 237 — eine Beigabe von Bodenaufguss aus humosem Lehm-Mergelboden (Versuchsfeld der Station) und zwar pro Culturgefäss 25 ccm entsprechend 5 g Boden,

No. 238 und 239 — soviel Calciumcarbonat, dass die Summe desselben 40 g pro Culturgefäss oder 1 % des Bodens betrug,

No. 240 und 241 — je 0,041 g Calciumnitrat = 0,007 g Stickstoff.

Resultat:

Sämmtliche Pflanzen gingen gut auf und standen während der ersten zwei Lebenswochen normal.

Mit Beginn der dritten Woche aber blieben die Nummern 234 bis 239 im Wachsthum zurück und zeigten schon Anfang Juni den ausgeprägtesten Stickstoffhunger.

Ein Unterschied zwischen den drei Nummerpaaren war nicht vorhanden, irgend welcher Einfluss der Zugaben von Bodenaufguss oder Calciumcarbonat niemals bemerkbar.

Dagegen marquirte sich die sehr geringe Gabe von Nitratstickstoff in den Nummern 240 und 241 ausserordentlich scharf, die Pflanzen entwickelten sich nicht nur höher, sondern auch kräftiger als in den vorhergehenden Nummern. Die Wirkung trat beim Buchweizen noch viel auffallender hervor, als in den analogen Versuchen beim Hafer.

Die Ernte ergab:

Versuchs-No.	Gegeben			Länge der Pflanzen		Anzahl der	
	Stickstoff g	Bodenaufguss ccm	Calciumcarbonat g	a. cm	b. cm	Samen	tauben Samenanlagen
234.	—	—	4	6	6	—	—
235.	—	—	4	10	10	1	1
236.	—	25	4	3	4	—	—
237.	—	25	4	15	10	—	—
238.	—	—	40	3	10	—	—
239.	—	—	40	7	12	2	2
240.	0,007	—	4	17	20	5	5
241.	0,007	—	4	18	19	2	2

Versuchs-No.	Gegeben			Ertrag an Trockensubstanz		
	Stickstoff	Bodenaufguss	Calciumcarbonat	Samen	Stroh und Spreu	Summa
	g	ccm	g	g	g	g
234.	—	—	4	—	0,035	0,035
235.	—	—	4	0,009	0,051	0,060
236.	—	25	4	—	0,023	0,023
237.	—	25	4	—	0,040	0,040
238.	—	—	40	—	0,042	0,042
239.	—	—	40	0,004	0,061	0,065
240.	0,007	—	4	0,083	0,189	0,272
241.	0,007	—	4	0,013	0,144	0,157

C. Serradella.

(s. Abbildungen auf Tafel I.)

Verhältnisse im Allgemeinen.

Culturgefässe — 24 cm hoch, 15/13 cm Durchmesser.
Sand pro Culturgefäss — 4000 g.
Bodenfeuchtigkeit — während der Vegetationszeit schwankend von 17½ bis 10 % (70—40 % der wasserfassenden Kraft des Sandes).
Versuchsfrucht — gemeine Serradella (Ornithopus sativus).
Saatgut — 100 Fruchtglieder wogen in Summa 0,398 g lufttrocken.
Aussaat — 8 Samen pro Culturgefäss; davon 4 Pflänzchen nach dem Aufgehen wieder entfernt.
Vegetationszeit — Aussaat: den 12. Mai;
Ernte: den 8. October.
Nährstoffe — pro Culturgefäss:
0,5444 g Kaliummonophosphat,
0,2984 „ Kaliumchlorid,
0,2220 „ Calciumchlorid und
0,2400 „ Magnesiumsulphat.

Sämmtliche Gefässe nebst ihrem Inhalte wurden in der oben angegebenen Weise sterilisirt.

Die Anzahl von 30 Versuchsnummern, die uns hier zur Verfügung standen, erlaubte es, in sechs Serien die Wirkung

von Bodenaufgüssen verschiedenen Ursprungs, frisch und sterilisirt,
von grösseren und kleineren Nitratgaben mit und ohne Bodenaufguss,
von der Beigabe von grösseren Mengen kohlensauren Kalks

getrennt zu prüfen und ausserdem noch eine Frage heranzuziehen, die uns seit vorigem Jahre am Herzen lag. In unseren bisherigen Versuchen hatten wir nämlich beinahe ausnahmslos die Phosphorsäure in der Form

von Kaliummonophosphat gegeben und die nicht geringe Menge dieses Salzes, welche wir unserer Nährstofflösung einverleibten, bedingte eine ziemlich kräftig saure Reaction derselben. Hat dies für die Mehrzahl unserer Culturpflanzen gewiss keine Bedeutung, so war es uns doch durch verschiedene Beobachtungen aus der letzten Zeit ausser Zweifel gestellt, dass einzelne Pflanzenarten eine stärkere Acidität der Nährlösung nicht vertragen. Wir kommen auf diesen Umstand ausführlicher bei Besprechung unserer Lupinen-Culturversuche zurück.

Jedenfalls erschien es uns wichtig genug, zunächst das Verhalten der zu unseren Versuchen benutzten Leguminosen in dieser Richtung mit zu prüfen, und einige Modificationen unserer Nährlösung in eine Serie einzuschieben, in welchen die saure Reaction verringert resp. sogar in eine alkalische umgewandelt war. Wir bewirkten dies durch Zusatz von Kaliumcarbonat und zwar in dem Verhältniss von 1, $1^1/_2$ und 2 Molekülen pro Molekül Kaliummonophosphat.

Die Versuche mit Serradella gestalteten sich demnach im Speciellen wie folgt:

Serie I., mit Sandboden-Aufguss.

No. 242 und 243 blieben ohne jeden Zusatz.
No. 244 und 245 erhielten 25 cc Bodenaufguss — entsprechend 5 g Boden.
No. 246 und 247 erhielten ebenfalls 25 cc Bodenaufguss, der aber vor dem Aufbringen sterilisirt worden war.

Die zu dem Aufgusse benutzte Erde war am 5. Mai von einem Sandfelde in der Nähe der Bahnstation Güterglück geholt, welches Roggen nach vorhergegangenen Lupinen trug, und wurde bodenfeucht zur Darstellung des Aufgusses verwendet.

Zur Sterilisirung wurde der Aufguss im Kolben mit Watteverschluss erst $^1/_4$ Stunde über der Lampe und nach zweitägigem Stehen 4 Stunden lang im Dampfsterilisator gekocht.

Serie II., mit verschiedener Reaction der Nährlösung.

No. 248 und 249 ohne Zusatz
No. 250 mit Zusatz von 0,276 g Kaliumcarbonat
No. 251 „ „ „ 0,415 „ „

} Sämmtliche 4 Nummern erhielten gleichzeitig eine Beigabe von je 25 ccm Sandboden-Aufguss.

Serie III., mit Lehmboden-Aufguss.

No. 252 und 253 erhielten 25 ccm Bodenaufguss — entsprechend 5 g Boden.

Die Erde zum Aufgusse war schon im April von dem Versuchsfelde der Station (humoser Lehm-Mergel), welches mehrere Jahre vorher abwechselnd Zuckerrüben und Sommerrübsen (als Nematoden-Fangpflanze) getragen hatte, entnommen, und war schon ziemlich lufttrocken, als er zur Darstellung des Aufgusses verwendet wurde.

Serie IV., mit Nitratstickstoff und zwar erhielten:

No. 254 und 255: 0,328 g Calciumnitrat = 0,056 g N.
No. 256 und 257: 0.656 „ „ = 0,112 „ „
No. 258 und 259: 0,328 „ „ = 0,056 „ „ } und ausserdem je 25 ccm Sandboden-Aufguss.
No. 260 und 261: 0,656 „ „ = 0,112 „ „ }

Serie V., mit einer sehr geringen Menge Stickstoff, und zwar:

No. 262 und 263: 0,041 g Calciumnitrat = 0.007 g N.
No. 264 und 265: 0,041 „ „ = 0.007 „ „ und ausserdem noch je 25 ccm Sandboden-Aufguss, der aber vorher wie bei No. 246 und 247 sterilisirt worden war.

Serie VI., mit viel kohlensaurem Kalk.

Die 6 Nummern der Serie VI. erhielten vor dem Einbringen zunächst sämmtlich je 40 g (= 1 % des Bodens) Calciumcarbonat, welches vorher durch Erhitzen sterilisirt worden war, beigemischt und sodann einen weiteren Zusatz von:

No. 266 und 267 nichts,
No. 268 und 269, je 25 ccm Sandboden-Aufguss,
No. 270 und 271, je 0,656 g Calciumnitrat = 0,112 g Stickstoff.

Die Nummern der Serien I., III., IV. und V. hatten, wie nachträglich bemerkt wird, eine Beigabe von je 4 g (1 ‰ des Bodens) sterilisirten Calciumcarbonats erhalten, während die Serie II., der Tendenz des Versuchs gemäss, von jedem Kalkzusatz frei geblieben war.

Resultat:

Die Serradella ging erst spät (etwa nach 14 Tagen) und weniger regelmässig als die übrigen Pflanzenarten auf, aber dadurch, dass man die Hälfte der eingebrachten Keimpflanzen aus den Culturgefässen wieder entfernte, gelang es doch bald, einen befriedigend gleichmässigen Stand in allen Serien herzustellen.

Die erste Jugendentwicklung verlief, wie dies auch im freien Felde der Fall ist, langsam. Trotzdem aber wurde ein auffälliger Unterschied frühzeitig dadurch sichtbar, dass sämmtliche Nummern, welche keine Beigabe von Nitraten erhalten hatten, schon bei der Bildung des dritten Blattes in den ausgesprochenen Hungerzustand übertraten, d. h. ihre grüne Farbe verloren und nicht merklich weiterwuchsen, während die mit diesem Zusatze versehenen Pflanzen stets ihr gesundes Grün behielten und sich ohne Unterbrechung vorwärts entwickelten, und zwar galt letzteres anfangs nicht nur für die mit grösseren Nitratgaben bedachten Nummern, sondern auch für die Nummern 262 bis 265, welche nur 7 mg Stickstoff erhalten hatten und beispielsweise am 22. Juni bei einer Höhe von 4—5 cm 5—6 frischgrüne Blätter aufweisen konnten, während die ohne Stickstoff-

zusatz gelassenen Pflanzen, 2—3 cm hoch, nur 2—3 gelbe, ärmliche Blättchen hatten.

Von dieser Zeit — etwa den 22. Juni — an differenzirte sich das Wachsthum der Pflanzen auch in den einzelnen Serien und Nummerpaaren auffällig, und wir können die hauptsächlichsten Unterschiede kurz wie folgt charakterisiren.

Bei den Nummern der Serie V. war die Wirkung der geringen Nitratgabe bald erschöpft und das Hungerleben begann in ähnlicher Weise sich geltend zu machen, wie bei den in ganz stickstofflosem Boden stehenden.

Die acht Nummern der Serie IV., welche grössere Quantitäten Nitrate erhalten hatten, wuchsen zunächst stetig und normal im Verhältniss zu den gegebenen Stickstoffmengen weiter und zwar so, dass bis Ende Juli ein deutlicher Unterschied zwischen 254 bis 257 ohne — und 258 bis 261 mit Bodenaufguss nicht hervortrat. — Von Anfang August an aber verloren sie mehr und mehr ihre grüne Farbe, nahmen ein kränkliches Aussehen an und wenige Wochen später wurde die Wirkung des Bodenaufgusses eklatant sichtbar. Die ohne Bodenaufguss gelassenen Nummern nämlich und zwar zuerst No. 254 und 255, später auch 256 und 257, blühten zwar reichlich, aber meist unfruchtbar, und die Produktion blieb stehen, die Fiederblättchen fingen an, zu vertrocknen, fielen ab und die ganze Vegetation der Pflanzen fand einen vorzeitigen Abschluss. Die mit Bodenaufguss versehenen Nummern erholten sich dagegen wieder, trieben von Ende August an zahlreiche junge Sprossen und wuchsen von da an noch kräftig weiter, obgleich auch sie schliesslich nur Blüthen und taube Früchte brachten. — Der in den Nummern 270 und 271 gegebene hohe Zusatz von Calciumcarbonat änderte an diesen Verhältnissen nichts.

In dem stickstofflosen Boden hungerten sich sämmtliche Pflanzen, welche gar keinen Zusatz, oder sterilisirten Sandbodenaufguss und ebenso die, welche einen Aufguss von Lehmmergelboden erhalten hatten, langsam todt. Zwar wurden im Verlauf von drei Monaten noch ein viertes, fünftes und theilweise sechstes Blättchen hervorgequält, dieselben fielen aber immer winziger und gelber aus, und dafür wurden die Fiederblättchen der älteren drei Blätter ausgesogen, so dass im September nur noch ärmliche besenförmige Miniaturgebilde, die grösstentheils aus Blattrippen bestanden, davon übrig waren.

Die Nummern dagegen, denen Sandbodenaufguss (nicht sterilisirt) gegeben worden war, traten etwa am 28. Juni aus dem Hungerzustande heraus, nahmen eine gesunde grüne Farbe an, begannen zu assimiliren und wuchsen von da an so rasch vorwärts, dass sie schon am ersten

August die mit 0,112 g Nitratstickstoff gedüngten Pflanzen eingeholt, zum Theil überholt hatten, blühten reich und brachten wenigstens theilweise Früchte mit sehr wohl ausgebildeten Samen.

Auch in dieser Richtung blieb die Zugabe von grösseren Mengen Calciumcarbonat ohne jeden Einfluss.

Von den verschiedenen Nährlösungen sagte offenbar die mit deutlich saurer Reaction der Serradella besser zu, als die schwach alkalisch reagirende.

Alle diese Verhältnisse finden prägnanten Ausdruck in den folgenden Ernteergebnissen:

Serie I., mit Sandboden-Aufguss.

Versuchs-No.	Gegeben: Bodenaufguss ccm		Anzahl der Triebe pro Culturgefäss	Länge der Triebe: im Allgemeinen cm	Länge der Triebe: 1 od. 2 ungewöhnl. hohe cm	Anzahl der samenhaltigen Hülsenglieder.
242.	—	—	0	—	—	0
243.	—	—	0	—	—	0
244.	25	—	13	55—65	—	319
245.	25	—	13	56—62	69	369
246.	25	sterilisirt	0	—	—	0
247.	25	sterilisirt	0	—	—	0

Serie II., mit verschiedener Reaction der Nährlösung.

	Kaliumcarbonat g	Sandboden-Aufguss ccm				
248.	—	25	13	46—77	105	1389
249.	—	25	17	56—79	—	1163
250.	0,276	25	12	34—41	65	53
251.	0,415	25	11	30—43	—	0

Serie III., mit Lehmboden-Aufguss.

	Bodenaufguss ccm					
252.	25	—	0	—	—	0
253.	25	—	0	—	—	0

Serie IV.. mit Nitratstickstoff.

Versuchs-No.	Gegeben: Stickstoff g	Gegeben: Sandboden-aufguss ccm	Anzahl der Triebe pro Culturgefäss	Länge der Triebe: im Allgemeinen cm	Länge der Triebe: 1 od. 2 ungewöhnl. hohe cm	Anzahl der samenhaltigen Hülsenglieder
254.	0,056	—	12	22—34	—	0
255.	0,056	—	12	25—30	61	0
256.	0,112	—	20	38—50	—	79
257.	0,112	—	22	16—38	57	0
258.	0,056	25	21	33—40	47	0
259.	0,056	25	19	80—100	111	0
260.	0,112	25	25	47—60	—	0
261.	0,112	25	19	50 58	64	0

Serie V., mit sehr wenig Stickstoff.

262.	0,007	—	0	—	—	0
263.	0,007	—	0	—	—	0
264.	0,007	25 sterilis.	0	—	—	0
265.	0,007	25 sterilis.	0	—	—	0

Serie VI., mit viel kohlensaurem Kalk.

Versuchs-No.	Gegeben: Calciumcarbonat g	Gegeben: Sandboden-Aufguss ccm	Gegeben: Stickstoff g	Anzahl der Triebe pro Culturgefäss	Länge der Triebe: im Allgemeinen cm	Länge der Triebe: 1 od. 2 ungewöhnl. hohe cm	Anzahl der samenhaltigen Hülsenglieder
266.	40	—	—	0	—	—	0
267.	40	—	—	0	—	—	0
268.	40	25	—	12	76—85	—	261
269.	40	25	—	13	40—55	64	183
270.	40	—	0,112	23	25—37	—	0
271.	40	—	0,112	19	47—66	86	11

Serie I., mit Sandbodenaufguss.

Versuchs-No.	Gegeben: Bodenaufguss ccm	Geerntet an Trockensubstanz: samenhaltige Hülsenglieder g	Stroh (inclusive Spreu) g	Oberirdische Organe in Summa g	Wurzeln g	Ganze Pflanze g
242.	—	—	0,047	0,047	0,045	0,092
243.	—	—	0,033	0,033	0,030	0,063
244.	25	1,348	12,000	13,348	3,516	16,864
245.	25	1,289	13,136	14,425	3,765	18,190
246.	25 sterilis.	—	0,028	0,028	0,056	0,084
247.	25 sterilis.	—	0,050	0,050	0,059	0,109

Serie II., mit verschiedener Reaction der Nährlösung.

	Kaliumcarbonat g	Sandbodenaufguss ccm					
248.	—	25	4.614	6,011	10,625	1,061	11.686
249.	—	25	3,986	10,337	14,323	2.088	16,411
250.	0,276	25	0,179	9,309	9,488	3,042	12,530
251.	0,415	25	—	7,337	7,337	2,072	9,409

Serie III., mit Lehmbodenaufguss.

	Bodenaufguss ccm						
252.	25	—	—	0,038	0,038	0,037	0,075
253.	25	—	—	0,023	0,023	0,032	0,055

Serie IV., mit Nitratstickstoff.

	Stickstoff g	Sandbodenaufguss ccm					
254.	0,056	—	—	1,925	1,925	0,913	2,838
255.	0,056	—	—	2,078	2,078	0,849	2,927
256.	0,112	—	0,214	4,653	4,867	1,356	6,223
257.	0,112	—	—	5,326	5,326	1,532	6,858
258.	0,056	25	—	9,484	9,484	2,452	11.936
259.	0,056	25	—	12,586	12,586	2,738	15,324
260.	0,112	25	—	8,936	8,936	2,101	11,037
261.	0,112	25	—	13,899	13,899	3,178	17,077

Versuchs-No.	Gegeben: Stickstoff	Gegeben: Sandboden-Aufguss	Geerntet an Trockensubstanz: samenhaltige Hülsenglieder	Stroh (inclusive Spreu)	Oberirdische Organe in Summa	Wurzeln	Ganze Pflanze
	g	ccm	g	g	g	g	g
Serie V., mit sehr wenig Stickstoff.							
262.	0,007	—	—	0,125	0,125	0.084	0,209
263.	0,007	—	—	0,155	0.155	0,117	0,272
264.	0,007	25 steril.	—	0,204	0,204	0,112	0,316
265.	0,007	25 steril.	—	0,112	0,112	0,185	0,297
Serie VI., mit viel kohlensaurem Kalk.							
	Calciumcarbonat g	Sandboden-Aufguss ccm	Stickstoff g				
266.	40	—	—	—	0,063	0,063	0,072	0,135
267.	40	—	—	—	0,049	0,049	0,043	0,092
268.	40	25	—	1,014	13,245	14,259	3,111	17,370
269.	40	25	—	0,481	10,384	10,865	2,626	13,491
270.	40	—	0,112	—	4,758	4,758	1,319	6,077
271.	40	—	0,112	0,040	5,457	5,497	1,337	6,837

D. Lupinen.

(s. Abbildungen auf Tafel II.)

Ein in ganz ähnlicher Weise wie der vorstehende Serradella-versuch, nur in mehreren Richtungen noch breiter angelegter Versuch mit Lupinen misslang zum grössten Theile, weil die als Grundlage benutzte Nährstofflösung — zweifellos in Folge ihrer entschieden sauren Reaction — die Vegetation der Versuchsfrucht in hohem Grade ungünstig beeinflusste.

Wenn ich die Mittheilung dieser Abtheilung nicht ganz unterdrücke, so bewegen mich dazu zwei Gründe: erstens befanden sich in dem Versuche wenigstens einige Nummern (mit Nährlösungen, deren saure Reaction durch Zugabe von mehr und weniger Kaliumcarbonat abgestumpft war), in denen die Entwicklung der Lupinen tadellos war, und die deshalb für unsere Zwecke voll beweiskräftig blieben; zweitens lässt sich erst aus der vollen ungeschminkten Mittheilung deutlich ersehen, dass in der That nur die genannte, leicht erkennbare Störungsursache den Misserfolg verschuldete, nirgends aber eine Erscheinung auf-

trat, welche in positivem Widerspruche zu den mit anderen Pflanzenarten erhaltenen Resultaten stand.

Ich beschränke mich darauf, nachstehend kurz die allgemeine Planlage und die Menge der geernteten Trockensubstanz zusammenzustellen:

Culturgefässe — 40 cm hoch, 15/14 cm Durchmesser.
Sand pro Culturgefäss — 8000 g.
Bodenfeuchtigkeit — Anfangs von 10 bis 8 %, von Mitte Juli an zwischen 12 bis 10 % schwankend.
Versuchsfrucht — Lupinus luteus.
Saatgut — Absolutes Gewicht zwischen 110 und 130 mg, à Korn im Durchschnitt 118,4 mg lufttrocken.
Aussaat — 3 Samen pro Culturgefäss.
Vegetationszeit — Gesäet am 11. Mai,
geerntet am 8. September.
Nährstoffe — pro Culturgefäss:
0,5444 g Kaliummonophosphat,
0,2984 „ Kaliumchlorid,
0,2220 „ Calciumchlorid und
0,2400 „ Magnesiumsulphat.

Ausserdem erhielten sämmtliche Nummern der Serien I., III., IV. und V. noch je 8 g Calciumcarbonat (= 1 ‰ des Bodens) trocken beigemischt.

Wie bei der Serradella wurden sämmtliche Nummern ohne Ausnahme sterilisirt.

Serie I., mit Sandbodenaufguss.

No. 272, 273 und 274 blieben ohne Zusatz.
No. 275, 276 und 277 erhielten je 50 ccm Aufguss von Sandboden I, — entsprechend 10 g Boden.
No. 278, 279 und 280 erhielten denselben Aufguss, aber nachdem er vorher sterilisirt worden war.

Serie II., mit verschiedener Reaction der Nährlösung.

No. 281 und 282 ohne Zusatz von Kaliumcarbonat und ohne Bodenaufguss.
No. 283 und 284 ohne Zusatz von Kaliumcarbonat aber mit 50 ccm Aufguss von Sandboden I.
No. 285 und 286 mit 0,415 g Kaliumcarbonat, ohne Bodenaufguss.
No. 287 und 288 „ 0,415 „ „ mit 50 ccm Sandbodenaufguss.
No. 289 und 290 mit 0,553 g Kaliumcarbonat, ohne Bodenaufguss.
No. 291 und 292 „ 0,553 „ „ mit 50 ccm Sandbodenaufguss.

Serie III., mit Bodenaufgüssen verschiedener Herkunft*).
No. 293 und 294 mit 50 ccm Aufguss vom Sandboden II.
No. 295, 296 und 297 mit 50 ccm Aufguss von Lehmboden I.
No. 298 und 299 mit 50 ccm Aufguss von Lehmboden II.

Serie IV., mit Nitratstickstoff und zwar erhielten:
No. 300 und 301: 0,328 g Calciumnitrat = 0,056 g N.
No. 302 und 303: 0,656 „ „ = 0,112 „ N.
No. 304 und 305: 1,312 „ „ = 0,224 „ N.
No. 306 und 307: 0,328 „ „ = 0,056 „ N. } und ausserdem
No. 308 und 309: 0,656 „ „ = 0,112 „ N. } je 50 ccm Sand-
No. 310 und 311: 1,312 „ „ = 0,224 „ N. } bodenaufguss I.

Serie V., mit einer sehr geringen Menge Stickstoff und zwar:
No. 312, 313 und 314: 0,041 g Calciumnitrat = 0,007 g N.
No. 315, 316 und 317: 0,041 g „ = 0,007 „ N, und ausserdem noch 50 ccm sterilisirten Aufguss von Sandboden I.

Serie VI., mit viel kohlensaurem Kalk.
Die 4 Nummern der Serie erhielten zunächst einen Zusatz von je 80 g Calciumcarbonat = 1% des Bodens (sterilisirt) und ausserdem
No. 318 und 319 nichts.
No. 320 und 321, je 50 ccm Aufguss von Sandboden I.
Als Ernteresultat wurde gefunden:

Versuchs-No.	Gegeben: Bodenaufguss ccm	Geerntet an Trockensubstanz: Samen g	Spreu g	Stroh g	Oberirdische Organe in Summa g	Wurzeln g	Ganze Pflanze g
	Serie I., mit Sandbodenaufguss.						
272.	—	—	—	0,665	0,665	0,092	0,757
273.	—	—	—	0,636	0,636	0,085	0,721
274.	—	—	—	0,486	0,486	0,063	0,549
275.	50	—	—	1,230	1,230	0,117	1,347
276.	50	1,616	2,650	14,187	18,453	4,443	22,896
277.	50	5,513	5,350	8,450	19,313	3,798	23,111
278.	50 sterilis.	—	—	0,583	0,583	0,053	0,636
279.	50 sterilis.	—	—	0,570	0,570	0,096	0,660
280.	50 sterilis.	—	—	0,575	0,575	0,085	0,660

*) Anmerkung. Ueber die verschiedenen hierbei benutzten Bodenarten folgt das Nähere bei den nachstehenden Versuchen mit Erbsen.

Serie II., mit Nährlösungen verschiedener Reaction.

Versuchs-No.	Kaliumcarbonat g	Sandbod.-aufguss ccm	Samen g	Spreu g	Stroh g	Oberird. Organe in Summa g	Wurzeln g	Ganze Pflanze g
281.	—	—	—	—	0,477	0,477	0,109	0,586
282.	—	—	—	—	0,328	0,328	0,045	0,373
283.	—	50	2,260	1,681	3,041	6,982	0,901	7,883
284.	—	50	—	—	0,815	0,815	0,074	0,889
285.	0,415	—	—	—	0,802	0,802	0,117	0,919
286.	0,415	—	—	—	0,720	0,720	0,080	0,800
287.	0,415	50	8,157	7,928	20,706	36,791	7,927	44,718
288.	0,415	50	4,820	5,710	25,735	36,265	9,346	45,611
289.	0,553	—	—	—	0,800	0,800	0,121	0,921
290.	0,553	—	—	—	0,882	0,882	0,139	1,021
291.	0,553	50	5,384	5,768	23,545	34,697	9,784	44,481
292.	0,553	50	13,474	10,724	12,756	36,954	5,497	42,451

Serie III., mit Bodenaufgüssen verschiedener Herkunft.

	je 50 ccm Aufguss von						
293.	Sandboden II.	—	—	0,703	0,703	0,049	0,752
294.	Sandboden II.	—	—	0,803	0,803	0,049	0,852
295.	Lehmboden I.	—	—	0,569	0,569	0,067	0,636
296.	Lehmboden I.	—	—	0,648	0,648	0,074	0,722
297.	Lehmboden I.	—	—	0,586	0,586	0,059	0,645
298.	Lehmboden II.	—	—	0,550	0,550	0,061	0,611
299.	Lehmboden II.	—	—	0,674	0,674	0,091	0,765

Serie IV., mit Nitratstickstoff.

	Stickstoff g	Sandbod.-aufguss ccm						
300.	0,056	—	—	—	0,497	0,497	0,058	0,555
301.	0,056	—	—	—	0,538	0,538	0,072	0,610
302.	0,112	—	—	—	0,673	0,673	0,072	0,745
303.	0,112	—	—	—	0,597	0,597	0,037	0,634
304.	0,224	—	—	—	0,582	0,582	0,026	0,608
305.	0,224	—	—	—	0,572	0,572	0,072	0,644
306.	0,056	50	—	—	0,796	0,796	0,053	0,849
307.	0,056	50	7,533	6,334	7,993	21,880	3,354	25,234
308.	0,112	50	—	—	1,113	1,113	0,085	1,198
309.	0,112	50	0,714	0,933	2,621	4,268	0,817	5,085
310.	0,224	50	—	—	0,818	0,818	0,011	0,829
311.	0,224	50	—	—	0,761	0,761	0,036	0,797

Serie V., mit sehr wenig Stickstoff.

Versuchs-No.	Gegeben		Geerntet an Trockensubstanz					
	Stickstoff	Sandbodenaufguss (sterilis.)	Samen	Spreu	Stroh	Oberirdische Organe in Summa	Wurzeln	Ganze Pflanze
	g	ccm	g	g	g	g	g	g
312.	0,007	—	—	—	0,566	0,566	0,064	0,630
313.	0,007	—	—	—	0,443	0,443	0,056	0,499
314.	0,007	—	—	—	0,498	0,498	0,059	0,557
315.	0,007	50	—	—	0,720	0,720	0,074	0,794
316.	0,007	50	—	—	0,528	0,528	0,096	0,624
317.	0,007	50	—	—	0,524	0,524	0,060	0,584

Serie VI., mit viel kohlensaurem Kalk.

	Calciumcarbonat	Sandbodenaufguss						
	g	ccm						
318.	80	—	—	—	0,817	0,817	0,210	1.027
319.	80	—	—	—	0,819	0,819	0,134	0,953
320.	80	50	2,450	3,150	15,397	20,997	3,628	24,625
321.	80	50	3,061	3,602	10,601	17,264	2,453	19,717

E. Erbsen.

(s. Abbildungen auf Tafel III.)

Verhältnisse im Allgemeinen.

Culturgefässe — 24 cm hoch, 15/13 cm Durchmesser.

Sand — pro Culturgefäss 4000 g.

Bodenfeuchtigkeit — Während der Vegetationszeit schwankend von 17½ bis 10 % (70—40 % der wasserfassenden Kraft des Sandes).

Versuchsfrucht — Erbse „Ruhm von Cassel".

Saatgut — Absolutes Gewicht zwischen 220 und 240 mg à Korn im Durchschnitt 228,5 mg lufttrocken (13,0 % Wassergehalt).

Aussaat — 4 Samen pro Culturgefäss und davon 2 Pflänzchen nach dem Aufgehen wieder entfernt.

Vegetationszeit — Aussaat am 11. Mai.

Die Ernte konnte, weil verschiedene Pflanzen noch späte Seitenzweige trieben, deren Entwickelung man noch abwarten wollte, nicht überall zu gleicher Zeit vorgenommen werden, und in Folge dessen wurden geerntet:

am 12. August die Nummern: 331, 332, 322, 323, 334, 335, 336, 328, 329, 342, 343, 359, 360, 356, 357, 344, 350, 351, 366, 367, 368, 369, 324, 362, 365, 330 und 361.

Von den übrigen Pflanzen nahm man, um Verluste zu vermeiden, am 30. August alle älteren, unterdess vollständig ausgereiften Theile fort und liess nur die jungen Nachtriebe noch stehen, um dieselben schliesslich, gleichgültig ob reif oder nicht, am 24. September der Erntemasse hinzuzufügen.

Nährstoffe — pro Culturgefäss:

0,5444 g Kaliummonophosphat,
0,2984 „ Kaliumchlorid,
0,2220 „ Calciumchlorid und
0,2400 „ Magnesiumsulphat.

Ausserdem erhielten sämmtliche Nummern der Serien I., III., IV. und V. noch je 4 g Calciumcarbonat (= 1 ‰ des Bodens) trocken beigemischt.

Bei allen Nummern ohne Ausnahme wurden der Sand, die Nährstofflösung, das Calciumcarbonat und das Saatgut, — bei den Nummern, welche sterilisirten Bodenaufguss erhalten sollten, auch die Culturgefässe und das zur Luftdrainage dienende Material vor dem Einbringen in der oben angegebenen Weise sterilisirt.

Sämmtliche Gefässe wurden sofort nach der Einsaat mit einer starken Lage sterilisirter Watte bedeckt und während der ganzen Vegetationszeit mit einer solchen bedeckt erhalten.

Aus 50 so hergerichteten Gefässen wurden folgende sechs Serien gebildet:

Serie I., mit Bodenaufguss. (Lehmmergel I.)

Zur Bereitung des Aufgusses für die Versuche mit Erbsen wurde überall mit Ausnahme der Serie III. der tiefgründige, auf Kalkstein lagernde humose Lehmmergelboden von unserem Versuchsfelde auf dem linken Ufer der Saale benutzt. — Vorfrucht: Zuckerrüben, — eingeholt im April 1887; verwendet: schon ziemlich lufttrocken. Wir bezeichnen denselben in der Folge als Lehmmergel I. oder kurz als L. I.*)

Davon erhielten:

No. 322, 323, 324 nichts,
No. 325, 326, 327 je 25 ccm Aufguss L. I. — entsprechend 5 g Boden,
No. 328, 329, 330 gleichfalls je 25 ccm Aufguss L. I., der aber vorher in oben angegebener Weise sterilisirt worden war.

Serie II., mit verschiedener Reaction der Nährlösung.

No. 331, 332 ohne Zusatz,
No. 333, 334 mit Zusatz von 0,276 g Kaliumcarbonat,
No. 335 „ „ „ 0,415 „ „
No. 336 „ „ „ 0,553 „ „

} Sämmtliche Nummern erhielten ausserdem eine Beigabe von 25 ccm Bodenaufguss L. I.

*) Anmerkung. Dieselben Bodenarten kamen bei der Bereitung der Aufgüsse bei den vorstehenden Versuchen mit Lupinen zur Verwendung. (S. a. S. 115.)

Serie III., mit Bodenaufgüssen verschiedener Herkunft.

Zur Herstellung dieser Aufgüsse wurden benutzt

ein humoser Diluvial-Lehmmergelboden von den Hauskabeln der Stadt Bernburg auf der rechten Seite der Saale über Sandstein lagernd, — entnommen am 4. Mai 1887 und in bodenfeuchtem Zustande verwendet — Lehmmergel II. oder L. II.*) —, ferner

ein diluvialer Sandboden aus der Nähe der Bahnstation Güterglück, entnommen am 5. Mai 1887 — Vorfrucht gelbe Lupinen — bodenfeucht verwendet — bezeichnet als Sandboden I. oder S. I.*), endlich

ein nahezu unfruchtbarer loser Sandboden von dem Vorwerk Sieb der Domaine Dahme, welcher seit Menschengedenken nicht gedüngt und nur unregelmässig dann und wann mit Lupinen bestellt wird, — entnommen im April 1887 und im lufttrocknen Zustande verwendet. S. II.*)

Es erhielten:

No. 337, 338 je 25 ccm Aufguss L. II. — entsprechend 5 g Boden,
No. 339, 340, 341 je 25 ccm Aufguss S. I. — = 5 g Boden,
No. 342, 343 je 25 ccm Aufguss S. II. — entsprechend 5 g Boden.

Serie IV., mit grösseren Mengen Nitraten,

und zwar wurde gegeben:

No. 344, 345 je 0,328 g Calciumnitrat = 0,056 g N.
No. 346, 347 je 0,656 „ „ = 0,112 „ „
No. 348, 349 je 1,312 „ „ = 0,224 „ „
No. 350, 351 je 0,328 „ „ = 0,056 „ „ } und ausserdem je 25 ccm Aufguss v. L. I.
No. 352, 353 je 0,656 „ „ = 0,112 „ „ } und ausserdem je 25 ccm Aufguss v. L. I.
No. 354, 355 je 1,312 „ „ = 0,224 „ „ } und ausserdem je 25 ccm Aufguss v. L. I.

Serie V., mit einer sehr geringen Menge Stickstoff und zwar:

No. 356, 357, 358, je 0,041 g Calciumnitrat = 0,007 g N.
No. 359, 360, 361, je 0,041 g „ = 0,007 g N. und ausserdem noch 25 ccm sterilisirter Bodenaufguss von L I.

Serie VI., mit viel kohlensaurem Kalk.

Sämmtliche Nummern der Serie erhielten zunächst einen Zusatz von je 40 g Calciumcarbonat = 1% des Bodens (sterilisirt) und ausserdem noch

No. 362, 363, nichts.
No. 364, 365, je 25 ccm Aufguss von L I.
No. 366, 367, je 0,328 g Calciumnitrat = 0,056 g N.
No. 368, 369, je 0,656 g „ = 0,112 g N.
No. 370, 371 je 0,656 g „ = 0,112 g N. und dazu je 25 ccm Bodenaufguss von L I.

Resultat:

Der Aufgang der Erbsen erfolgte am 16. Mai gut und regelmässig; am 26. Mai standen die jungen Pflänzchen in allen 50 Gefässen gesund, zur vollen Zufriedenheit ausgeglichen, — ohne sichtbaren Unterschied.

Von da an begannen sich die Pflanzen der IV. Serie mit Nitratstickstoff von den übrigen durch kräftigeres Wachsthum abzuheben, — am 3. Juni hatten sie schon nahezu die doppelte Höhe aller anderen erreicht, — und entwickelten sich ohne jede Unterbrechung vorwärts, so dass sie noch Mitte Juni vor allen stickstofflosen Nummern den Vorrang behaupteten. — Unterschiede innerhalb der Serie selbst waren bis zum 7. Juni nicht zu bemerken, von da an aber blieben die mit der geringsten Menge Stickstoff (56 mg) bedachten Nummern hinter den anderen zurück und kurze Zeit darauf machte sich die Beigabe von Bodenaufguss vortheilhaft bemerkbar. Am 1. Juli blühten sämmtliche Pflanzen der Serie reichlich.

Eine Wirkung der sehr geringen Gabe von 7 mg Nitratstickstoff pro Culturgefäss war auch bei den Erbsen unverkennbar vorhanden, aber bei Weitem nicht so auffallend wie beim Buchweizen, weniger als bei der Serradella, kaum so deutlich wie beim Hafer.

Die in stickstofflosem Boden stehenden Pflanzen bezeichneten ausnahmslos am 3. und 4. Juni durch Gelbwerden ihren Uebertritt in den Hungerzustand, und die ohne Zusatz von Bodenaufguss gelassenen, oder mit sterilisirtem Bodenaufguss versehenen Nummern verharrten in demselben ihr ganzes Leben lang mit einer einzigen Ausnahme, die eine besondere Erwähnung beansprucht. Es war die Nummer 363, aus der Serie VI. mit viel Kalk-Beigabe, in welcher die eine Pflanze zuerst am 13. Juni an den jüngsten Blättern einen grünen Schimmer erblicken liess, dann allmählich weiter ergrünte, zu wachsen anfing und schliesslich Blüthen und normale Früchte produzirte, während die zweite Pflanze zunächst bis Mitte Juli hinein weiterhungerte, dann aber auch noch sich einigermassen erholte, wenn sie es auch nicht zu einer bemerkenswerthen Produktion mehr brachte.

Die Wirkung der Bodenaufgüsse von L. I, L. II und S. I war bedeutend und zeigte sich schon frühzeitig; von S. I wurde dieselbe schon am 5. Juni, von L. II am 7. Juni, von L. I am 9. Juni deutlich bemerkbar. Nur die Aufgüsse von dem unfruchtbaren Dahmenser Sandboden S. II wirkten zweifelhaft; indem die Pflanzen der Nummer 343, erst am 15. Juni zu ergrünen und recht langsam zu wachsen begannen, es auch nur bis zu einer mässigen Produktion brachten, während die Erbsen der Nummer 342, überhaupt nicht aus dem Hungerstadium hervortraten.

Die bedeutende Kalkzugabe in Serie VI. schien zunächst die Wirkung des Bodenaufgusses vollständig zu hemmen; die 4 Pflanzen der

Nummern 364 und 365 dieser Reihe standen noch am 16. Juni genau ebenso gelb und produktionslos da, wie diejenigen, welche keinen Bodenaufguss erhalten hatten. Dies veranlasste uns, den beiden Nummern 364 und 365 am 16. Juni noch einmal je 25 ccm Aufguss von Boden L. I zu geben und der Erfolg war, dass Anfang Juli zunächst beide Pflanzen der Nummer 364 lebhaft zu assimiliren begannen und im August zu stattlichen Erbsen herangewachsen waren; in Nummer 365 erholte sich nur eine Pflanze und blieb immer ein schwächliches Exemplar.

Am 1. Juli standen die mit Bodenaufgüssen bedachten Erbsen bis auf die genannten erst nachträglich zur Entwicklung gelangten Ausnahmen gleichzeitig mit den mit Nitraten gedüngten Pflanzen in voller und reicher Blüthe.

Die verschiedene Reaction der Nährlösung schien die Erbsen vollständig gleichgültig zu lassen, wenigstens war während der Vegetation zwischen den drei Nummerpaaren der Serie II niemals ein charakteristischer Unterschied bemerkbar.

Die schon oben*) besprochene Störung, welche auf die Fruchtbildung des Hafers ungünstig gewirkt hatte, erwies sich auch für die Erbsen recht nachtheilig, die Mehrzahl der schön entwickelten Blüthen vertrocknete unfruchtbar und die Körnerbildung blieb in diesem Jahre bei unsern sämmtlichen Versuchserbsen eine mangelhafte.

Theils aus dieser Veranlassung, theils aber auch aus einer anderen, die später Erwähnung finden wird, trieben mehrere Pflanzen im Juli und selbst August noch frische Nebenzweige nach, welche ein gleichmässiges Ausreifen und, wie erwähnt, eine gleichzeitige Ernte aller Nummern leider verhinderten.

Bei der Ernte wurde gefunden:

Versuchs-No.	gegeben Bodenaufguss ccm	Länge der Haupttriebe Pflanze a. cm	Pflanze b. cm	Anzahl der Schoten	Samen
	Serie I., mit Bodenaufguss L. I.				
322.	—	25	22	—	—
323.	—	22	15	—	—
324.	—	31	32	1	—
325.	25	122	142	7	12
326.	25	125	120	6	19
327.	25	110	117	10	39
328.	25 sterilis.	29	29	—	—
329.	25 sterilis.	37	29	1	—
330.	25 sterilis.	18	30	—	—

*) Anmerkung S. 98.

Serie II., mit verschiedener Reaction der Nährlösung.

Versuchs-No.	Gegeben: Kaliumcarbonat g	Gegeben: Aufguss v. Boden L. I. ccm	Länge der Haupttriebe: Pflanze a. cm	Länge der Haupttriebe: Pflanze b. cm	Anzahl der: Schoten	Anzahl der: Samen
331.	—	25	97	109	5	36
332.	—	25	110	115	5	40
333.	0,276	25	125	125	13	35
334.	0,276	25	109	125	6	37
335.	0,415	25	102	124	7	40
336.	0,553	25	130	120	7	42

Serie III., mit Bodenaufgüssen verschiedener Herkunft.

	Aufguss ccm	von Boden				
337.	25	L. II.	115	125	2	—
338.	25	L. II.	120	130	8	39
339.	25	S. I.	115	107	2	4
340.	25	S. I.	120	105	1	1
341.	25	S. I.	115	110	2	4
342.	25	S. II.	20	27	—	—
343.	25	S. II.	67	85	5	19

Serie IV., mit grösseren Mengen Nitratstickstoff.

	Stickstoff g	Aufguss v. Boden L. I. ccm				
344.	0,056	—	80	81	4	8
345.	0,056	—	125	107	2	3
346.	0,112	—	116	121	1	2
347.	0,112	—	135	125	—	—
348.	0,224	—	97	99	3	7
349.	0,224	—	107	95	2	6
350.	0,056	25	75	61	3	5
351.	0,056	25	73	75	4	6
352.	0,112	25	124	134	—	—
353.	0,112	25	130	140	2	1
354.	0,224	25	120	110	—	—
355.	0,224	25	100	120	2	4

Serie V., mit sehr wenig Stickstoff.

Versuchs-No.	Gegeben: Stickstoff g	Gegeben: Aufguss v. Boden L. I. ccm		Länge der Haupttriebe: Pflanze a. cm	Länge der Haupttriebe: Pflanze b. cm	Anzahl der: Schoten	Anzahl der: Samen
356.	0,007	—	—	34	38	—	—
357.	0,007	—	—	68	32	—	—
358.	0,007	—	—	47	36	—	—
359.	0,007	25	sterilis.	24	37	1	—
360.	0,007	25	sterilis.	32	16	—	—
361.	0,007	25	sterilis.	35	40	—	—

Serie VI., mit viel kohlensaurem Kalk.

	Calcium-carbonat g	Aufguss v. Boden L. I. ccm	Stick-stoff g				
362.	40	—	—	31	25	—	—
363.	40	—	—	59	81	10	23
364.	40	25	—	98	64	12	46
365.	40	25	—	32	68	2	7
366.	40	—	0,056	68	80	2	7
367.	40	—	0,056	81	77	3	6
368.	40	—	0,112	95	95	5	13
369.	40	—	0,112	98	80	4	13
370.	40	25	0,112	137	130	7	5
371.	40	25	0,112	150	125	—	—

Versuchs-No.	Gegeben: Bodenaufguss L. I. ccm	Geerntet an Trockensubstanz: Samen g	Spreu g	Stroh g	Oberirdische Organe in Summa g	Wurzeln g	Ganze Pflanze g
		Serie I., mit Aufguss von Boden L. I.					
322.	—	—	—	0,543	0,543	0,236	0,779
323.	—	—	—	0,440	0,440	0,304	0,744
324.	—	—	0,024	0,696	0,720	0,208	0,928
325.	25	1,460	1,334	11,992	14,786	1,831	16,617
326.	25	0,957	2,477	8,268	11,702	0,911	12,613
327.	25	6,746	2,457	9,313	18,516	1,580	20,096
328.	25 sterilisirt	—	—	0,579	0,579	0,319	0,898
329.	25 sterilisirt	0,016	0,027	0,517	0,560	0,282	0,842
330.	25 sterilisirt	—	—	0,590	0,590	0,332	0,922

Serie II. mit verschiedener Reaction der Nährlösung.

Versuchs-No.	Gegeben: Kaliumcarbonat	Gegeben: Aufguss v. Boden L. I.	Geerntet an Trockensubstanz: Samen	Spreu	Stroh	Oberirdische Organe in Summa	Wurzeln	Ganze Pflanze
	g	ccm	g	g	g	g	g	g
331.	—	25	5,551	1,710	5,267	12,528	1,220	13,748
332.	—	25	4,967	2,025	4,913	11,905	0,658	12,563
333.	0,276	25	3,940	2,384	9,116	15,440	1,689	17,129
334.	0,276	25	5,248	2,474	4,234	11,956	0,585	12,541
335.	0,415	25	7,049	1,722	3,862	12,633	0,870	13,503
336.	0,553	25	7,844	2,112	4,725	14,681	1,093	15,774

Serie III., mit Bodenaufgüssen verschiedener Herkunft.

	Aufguss von Boden							
	ccm							
337.	25	L. II.	—	0,452	17,143	17,595	2,116	19,711
338.	25	L. II.	3,111	2,917	18,365	24,393	2,965	27,358
339.	25	S. I.	0,420	0,145	15,712	16,277	1,339	17,616
340.	25	S. I.	0,018	0,061	17,893	17,972	2,454	20,426
341.	25	S. I.	0,525	0,282	14,136	14,943	1,019	15,962
342.	25	S. II.	—	—	0,654	0,654	0,265	0,919
343.	25	S. II.	3,604	0,820	1,538	5,962	0,609	6,571

Serie IV., mit grösseren Mengen Nitratstickstoff.

	Stickstoff	Aufguss v. Boden L. I.						
	g	ccm						
344.	0,056	—	0,627	0,391	2,085	3,103	0,842	3,945
345.	0,056	—	0,228	0,190	8,862	9,280	1,310	10,590
346.	0,112	—	0,146	0,085	9,124	9,355	1,721	11,076
347.	0,112	—	—	—	12,792	12,792	1,881	14,673
348.	0,224	—	0,792	0,308	8,842	9,942	1,336	11,278
349.	0,224	—	0,463	0,295	8,647	9,405	1,528	10,933
350.	0,056	25	1,466	0,257	1,585	3,308	1,107	4,415
351.	0,056	25	0,468	0,319	1,774	2,561	0,993	3,554
352.	0,112	25	—	—	12,700	12,700	0,899	13,599
353.	0,112	25	0,213	0,131	16,252	16,596	0,489	17,085
354.	0,224	25	—	—	16,209	16,209	2,153	18,362
355	0,224	25	0,594	0,261	15,956	16,811	2,020	18,831

Serie V., mit sehr wenig Stickstoff.

Versuchs-No.	Gegeben		Geerntet an Trockensubstanz					
	Stickstoff	Aufguss v. Boden L. I.	Samen	Spreu	Stroh	Oberirdische Organe in Summa	Wurzeln	Ganze Pflanze
	g	ccm	g	g	g	g	g	g
356.	0,007	— —	—	—	0,954	0,954	0,385	1,339
357.	0,007	— —	—	—	0,940	0,940	0,368	1,308
358.	0,007	— —	—	—	0,974	0,974	0,291	1,265
359.	0,007	25 steril.	—	0,027	0,687	0,714	0,330	1,044
360.	0,007	25 steril.	—	—	0,728	0,728	0,343	1,071
361.	0,007	25 steril.	—	—	0,907	0,907	0,248	1,155

Serie VI., mit viel kohlensaurem Kalk.

	Calciumcarbonat	Aufguss v. Boden L. I.	Stickstoff					
	g	ccm	g					
362.	40	—	—	—	—	0,671	0,671	0,190	0,861
363.	40	—	—	2,921	1,008	3,173	7,102	?	?
364.	40	25	—	7,316	1,807	4,465	13,588	0,710	14,298
365.	40	25	—	0,899	0,270	1,303	2,472	0,353	2,825
366.	40	—	0,056	0,619	0,305	2,322	3,246	1,109	4,355
367.	40	—	0,056	0,487	0,299	2,381	3,167	1,069	4,236
368.	40	—	0,112	1,171	0,597	3,674	5,442	1,479	6,921
369.	40	—	0,112	1,344	0,637	3,872	5,853	1,756	7,609
370.	40	25	0,112	0,865	0,583	15,028	16,476	1,494	17,970
371.	40	25	0,112	—	—	18,199	18,199	2,287	20,486

9.

Indem wir jetzt die Resultate der von dem geernteten Versuchsmaterial (Trockensubstanz) ausgeführten Stickstoffbestimmungen folgen lassen, bemerken wir dazu nur, dass bei der Analyse überall die Kjeldahl-Wilfarth'sche Methode in Anwendung kam, und verweisen im Uebrigen auf das oben S. 42 Gesagte.

Es wurde gefunden:

Stickstoff.

Gerste.

a) in den zur Aussaat benutzten Samen:

1886 . . . . 1,76 %.

b) in den Ernteprodukten:

Versuchs-No.	gegeben Stickstoff als Calciumnitrat	Samen	Spreu u. Stroh	Oberirdische Organe in Summa
	g	%	%	%
		1886.		
119.	0,224	1,17	0,53	0,78
121.	0,112	1,02	0,48	0,67
122.	0,000	—	0,72	0,72
123.	0,000	2,49	0,63	0,73

Hafer.

a) in den zur Aussaat benutzten Samen:

1886 . . . . 1,82 %
1887 . . . . 1,67 %

b) in den Ernteprodukten:

Versuchs-No.	gegeben Stickstoff als Calciumnitrat	Samen	Spreu u. Stroh	Oberirdische Organe in Summa
	g	%	%	%
		1886.		
124.	0,224	1,32	0,44	0,81
126.	0,112	1,20	0,34	0,69
128.	0,000	0,65		0,65
129.	0,000	—	0,57	0,57

Versuchs-No.	Gegeben: Stickstoff g	Gegeben: Bodenaufguss ccm	Gegeben: Calciumcarbonat g	Samen %	Spreu %	Stroh %	Wurzeln %	Ganze Pflanze %
				1887.				
	Serie I., ohne Stickstoff.							
214.	—	—	4	1,18	1,42	0,71	0,64	0,82
215.	—	—	4	0,85	0,82	0,60	0,66	0,64
216.	—	25	4	1,80	1,05	0,54	0,63	0,67
217.	—	25	4	1,58	0,79	0,41	0,43	0,56
218.	—	—	40	1,39	0,69	0,44	0,37	0,72
219.	—	—	40	1,74	0,91	0,54	0,54	0,64
	Serie II., mit Stickstoff.							
220.	0,56	—	4	1,57	0,38		0,60	0,70
221.	0,56	—	4	1,49	0,33		0,41	0,59
222.	0,112	—	4	1,32	0,81	0,19	0,55	0,61
223.	0,112	—	4	1,38	?	0,25	0,58	?
	Serie III., mit Stickstoff und Bodenaufguss.							
224.	0,056	25	4	1,57	0,33		0,51	0,62
225.	0,056	25	4	1,46	0,31		0,53	0,59
226.	0,112	25	4	1,71	0,81	0,23	0,49	0,63
227.	0,112	25	4	1,50	0,84	0,25	0,63	0,62
	Serie IV., mit Stickstoff und Kalk.							
228.	0,056	—	40	1,51	0,32		0,50	0,63
229.	0,056	—	40	1,49	0,36		0,47	0,61
230.	0,112	—	40	1,47	1,20	0,27	0,46	0,64
231.	0,112	—	40	1,36	0,84	0,20	0,48	0,62
	Serie V., mit einer Spur Stickstoff.							
232.	0,007	—	4	1,81	0,86	0,43	0,61	0,93
233.	0,007	—	4	1,60	0,78	0,39	0,58	0,70

Buchweizen.

a) in den zur Aussaat benutzten Samen:

1887 . . . . 1,84 %.

b) in den Ernteprodukten:

Versuchs-No.	Gegeben: Stickstoff g	Gegeben: Bodenaufguss ccm	Gegeben: Calciumcarbonat g	Samen %	Spreu und Stroh %	Oberirdische Organe in Summa %
			1887.			
234.	—	—	4	—	3,05	3,05
235.	—	—	4	4,44	2,61	2,83
236.	—	25	4	—	4,87	4,87
237.	—	25	4	—	2,80	2,80
238.	—	—	40	—	2,54	2,54
239.	—	—	40	5,33	1,97	2,15
240.	0,007	—	4	1,48	1,03	1,18
241.	0,007	—	4	2,46	1,35	1,46

Serradella.

a) in den zur Aussaat benutzten Samen:

1887 . . . 3,98 %.

b) in den Ernteprodukten:

Versuchs-No.	Gegeben: Bodenaufguss ccm	Samen %	Spreu u. Stroh %	Wurzeln %	Ganze Pflanze %
		1887.			
		Serie I., mit Sandbodenaufguss.			
242.	—	—	1,34		1,34
243.	—	—	1,85		1,85
244.	25	—	3,36	1,75	2,65	2,07
245.	25	—	3,61	1,88	2,73	2,18
246.	25	sterilisirt	—	1,18		1,18
247.	25	sterilisirt	—	1,25		1,25
		Serie II., mit verschiedener Reaction der Nährlösung.				
	Kaliumcarbonat g / Sandboden-Aufguss ccm					
248.	— 25	4,69	1,79	2,77	3,02
249.	— 25	4,41	2,04	2,75	2,71
250.	0,276 25	3,78	1,77	2,58	2,00
251.	0,415 25	—	2,05	2,54	2,16

Serie III., mit Lehmbodenaufguss.

Versuchs-No.	Gegeben: Bodenaufguss ccm		Samen %	Spreu u. Stroh %	Wurzeln %	Ganze Pflanze %
252.	25	—	—	1,38		1,38
253.	25	—	—	1,36		1,36

Serie IV., mit Nitratstickstoff.

	Stickstoff g	Sandboden-Aufguss ccm				
254.	0,056	—	—	0,86	1,37	1,03
255.	0,056	—	—	0,88	1,32	1,01
256.	0,112	—	1,94	0,97	1,56	1,13
257.	0,112	—	—	0,92	1,43	1,03
258.	0,056	25	—	1,30	2,48	1,54
259.	0,056	25	—	1,39	2,68	1,62
260.	0,112	25	—	1,38	2,53	1,59
261.	0,112	25	—	1,67	2,71	1,86

Serie V., mit sehr wenig Stickstoff.

262.	0,007	—	—	1,06		1,06
263.	0,007	—	—	0,98		0,98
264.	0,007	25 sterilis.	—	0,78		0,78
265.	0,007	25 sterilis.	—	1,16		1,16

Serie VI., mit viel kohlensaurem Kalk.

	Calcium-carbonat g	Sandboden-Aufguss ccm	Stick-stoff g				
266.	40	—	—	—	1,06		1,06
267.	40	—	—	—	1,34		1,34
268.	40	25	—	2,73	2,02	2,93	2,23
269.	40	25	—	3,77	1,91	2,71	2,13
270.	40	—	0,112	—	1,02	1,69	1,17
271.	40	—	0,112	2,84	0,83	1,56	1,05

Lupinen.

a) in den zur Aussaat benutzten Samen:

1887 . . . . 6,85 %.

b) in den Ernteprodukten:

Versuchs-No.	Gegeben: Kaliumcarbonat g	Gegeben: Bodenaufguss ccm	Samen %	Spreu %	Stroh %	Wurzeln %	Ganze Pflanze %
			1887.				
276.	—	50	7,24	1,02	2,12	1,55	2,24
277.	—	50	7,51	0,50	1,77	1,83	2,86
281.	—	—	—	—	2,09		2,09
282.	—	—	—	—	3,15		3,15
283.	—	50	5,88	0,48	2,08	2,47	2,87
284.	—	50	—	—	2,90		2,90
285.	0,415	—	—	—	1,59		1,59
286.	0,415	—	—	—	1,70		1,70
287.	0,415	50	8,18		1,09	2,04	2,55
288.	0,415	50	8,07		1,65	2,62	2,53
289.	0,553	—	—	—	1,44		1,44
290.	0,553	—	—	—	1,31		1,31
291.	0,553	50	7,94		1,66	2,77	2,66
292.	0,553	50	7,38		0,86	2,02	3,08

	Gegeben: Stickstoff g	Gegeben: Bodenaufguss ccm	Gegeben: Calciumcarbonat g					
307.	0,056	50	8	7,71	0,37	1,42	1,94	3,10
320.	—	50	80	7,38	1,35	1,94	1,67	2,37
321.	—	50	80	7,54	0,84	2,06	1,58	2,63

Erbsen.

a) in den zur Aussaat benutzten Samen:

1886 . . . . 4,00 %,
1887 . . . . 3,96 %.

b) in den Ernteprodukten:

Versuchs-No.	Gegeben Bodenaufguss ccm		Samen %	Spreu und Stroh %	Oberirdische Organe in Summa %
			1886.		
130.	—	—	4,39	1,52	2,78
131.	—	—	4,91	1,84	2,92
135.	—	—		2,34	2,34
143.	—	—		2,15	2,15
144.	—	—		2,32	2,32
147.	—	—	4,06	1,63	2,99
155.	—	—	4,38	1,41	2,83
156.	—	—		2,58	2,58
158.	—	—	4,78	1,19	2,88
159.	—	—		2,05	2,05
160.	25	—	5,00	1,35	2,69
161.	25	—	4,47	0,88	2,63
165.	25	—	4,22	1,34	2,63
169.	25	—	4,61	1,69	2,89
				Ganze Pflanze	
170.	25	sterilisirt		1,50	
171.	25	sterilisirt		1,47	

Versuchs-No.	Gegeben Bodenaufguss ccm		Samen %	Spreu %	Stroh %	Wurzeln %	Ganze Pflanze %
				1887.			
			Serie I., mit Aufguss von Boden L. I.				
322.	—	—	—	—	1,35	2,25	1,63
323.	—	—	—	—	1,44	2,05	1,68
324.	—	—	—	—	1.52		1,52
325.	25	—	5.44	1,54		2,42	1,98
326.	25	—	5,68	2,15		2,39	2,44
327.	25	—	5.24	1.99		3,08	3,17
328.	25	sterilisirt	—	—	1.33	2,16	1,63
329.	25	sterilisirt	5.31	2.91	1,33	1,89	1,65
330.	25	sterilisirt	—	—	1.58		1,58

Serie II., mit verschiedener Reaction der Nährlösung.

Versuchs-No.	Kalium-carbonat g	Aufguss von Boden L. I. ccm	Samen %	Spreu %	Stroh %	Wurzeln %	Ganze Pflanze %
331.	—	25	5,11	1.99		2.96	3,34
332.	—	25	4,15	1,51		2.99	2,63
333.	0,276	25	5,41	1,90		3.20	2,84
334.	0,276	25	3,88	0.99		3.62	2,32
335.	0.415	25	3.29	0,77		2,17	2,18
336.	0,553	25	3,43	0 90		2.52	2,27

Serie III., mit Bodenaufgüssen verschiedener Herkunft.

	Aufguss von Boden ccm						
337.	25	L. II.	—	2.51		2,70	2,53
338.	25	L. II.	6,00	2,18		2.87	2,69
339.	25	S. I.	4.16	2,72		2,85	2.76
340.	25	S. I.	6.22	2.37		2.54	2,39
341.	25	S. I.	5.35	2,72		2,96	2,82
342.	25	S. II.	—	—	1,34	1.86	1,49
343.	25	S. II.	3.96	0.93		1,89	2,68

Serie IV., mit grösseren Mengen Nitratstickstoff.

	Stickstoff g	Aufguss von Boden L. I. ccm					
344.	0,056	—	2,36	0,78		1,95	1,28
345.	0,056	—	5,26	1,54		2,67	1,76
346.	0,112	—	3,98	0,65		2,70	1,01
347.	0,112	—	—	—	1,64	2,92	1,80
348.	0,224	—	3,75	1,16		2,57	1,51
349.	0,224	—	4,48	0,98		2,55	1,35
350.	0,056	25	5,40	0,74		1,56	2,49
351.	0,056	25	2.53	0,78		1,91	1.33
352.	0,112	25	—	—	2,14	2,44	2,16
353.	0.112	25	5.37	1,20		2,42	1.29
354.	0,224	25	—	—	2,12	2,57	2,17
355.	0.224	25	4,97	2.19		2,52	2.31

Serie V., mit sehr wenig Stickstoff.

Versuchs-No.	Gegeben: Stickstoff g	Gegeben: Aufguss von Boden L. I. ccm	Samen %	Spreu %	Stroh %	Wurzeln %	Ganze Pflanze %
356.	0,007	—	—	—	1,10	2,29	1,44
357.	0.007	—	—	—	1,21	1,87	1,40
358.	0,007	—	—	—	1,55		1,55
359.	0,007	25 steril.	—	2.15	1,38	2,40	1,72
360.	0.007	25 steril.	—	—	1,26	1,85	1,46
361.	0,007	25 steril.	—	—	1,42		1,42

Serie VI., mit viel kohlensaurem Kalk.

	Calciumcarbonat g	Aufguss von Boden L. I. ccm	Stickstoff g				
362.	40	—	—	—	—	1,49	1,49
363.	40	—	—	3.22	1,05	?	?
364.	40	25	—	4,16	1,06	2,58	2,02
365.	40	25	—	2,73	1,05	2,05	1,71
366.	40	—	0,056	2,48	0,65	1,78	1,20
367.	40	—	0,056	2,25	0,66	1,50	1,06
368.	40	—	0,112	2.44	0,67	2,05	1,26
369.	40	—	0,112	2,43	0,73	1,76	1,27
370.	40	25	0,112	5,17	1.38	2.31	1,64
371.	40	25	0,112	—	— 1,98	2,95	2,09

Berechnet man hieraus die absoluten Mengen des in den Ernteprodukten enthaltenen Stickstoffs und zieht die Bilanz zwischen dem in Boden, Samen und Nitraten gegebenen Stickstoff einerseits und dem in

den Ernten wiedergefundenen andrerseits, so gelangt man zu folgenden Resultaten:

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben		Stickstoff wiedergefunden		Stickstoff mehr od. weniger wiedergefunden als gegeben war			
					in Nitraten und Samen		in Nitraten, Samen und Boden	
	in Nitraten und Samen	in Nitraten, Samen und Boden*)	in der oberirdischen Trockensubstanz	in der ganzen Pflanze	in der oberirdisch. Trockensubstanz	in der ganzen Pflanze	in der oberirdisch. Trockensubstanz	in der ganzen Pflanze
	g	g	g	g	g	g	g	g
				bei der Gerste.				
				1886.				
119.	0,229	0,254	0,167	—	— 0,062	—	— 0,087	—
121.	0,117	0,142	0,086	—	— 0,031	—	— 0,056	—
122.	0,005	0,030	0,003	—	— 0,002	—	— 0,027	—
123.	0,005	0,030	0,004	—	— 0,001	—	— 0,026	—
				bei dem Hafer.				
				1886.				
124.	0,229	0,254	0,168	—	— 0,061	—	— 0,086	—
126.	0,117	0,142	0,080	—	— 0,037	—	— 0,062	—
128.	0,005	0,030	0,003	—	— 0,002	—	— 0,027	—
129.	0,005	0,030	0,003	—	— 0,002	—	— 0,027	—
				1887.				
214.	0,005	0,027	0,005	0,007	± 0,000	+ 0,002	— 0,022	— 0,020
215.	0,005	0,027	0,004	0,006	— 0,001	+ 0,001	— 0,023	— 0,021
216.	0,005	0,027	0,005	0,007	± 0,000	+ 0,002	— 0,022	— 0,020
217.	0,005	0,027	0,005	0,009	± 0,000	+ 0,004	— 0,022	— 0,018
218.	0,005	0,027	0,005	0,009	± 0,000	+ 0,004	— 0,022	— 0,018
219.	0,005	0,027	0,005	0,009	± 0,000	+ 0,004	— 0,022	— 0,018
220.	0,061	0,083	0,034	0,042	— 0,027	+ 0,019	— 0,049	— 0,041
221.	0,061	0,083	0,037	0,044	— 0,024	— 0,017	— 0,046	— 0,039
222.	0,117	0,139	0,075	0,090	— 0,042	— 0,027	— 0,064	— 0,049
224.	0,061	0,083	0,031	0,038	— 0,030	— 0,023	— 0,052	— 0,045
225.	0,061	0,083	0,030	0,037	— 0,031	— 0,024	— 0,053	— 0,046
226.	0,117	0,139	0,076	0,088	— 0,041	— 0,029	— 0,063	— 0,051
227.	0,117	0,139	0,074	0,096	— 0,043	— 0,021	— 0,065	— 0,043
228.	0,061	0,083	0,038	0,047	— 0,023	— 0,014	— 0,045	— 0,036
229.	0,061	0,083	0,035	0,044	— 0,026	— 0,017	— 0,048	— 0,039
230.	0,117	0,139	0,078	0,101	— 0,039	— 0,016	— 0,061	— 0,038
231.	0,117	0,139	0,085	0,104	— 0,032	— 0,013	— 0,054	— 0,035
232.	0,012	0,034	0,008	0,011	— 0,004	— 0,001	— 0,026	— 0,023
233.	0,012	0,034	0,008	0,011	— 0,004	— 0,001	— 0,026	— 0,023

*) Als Stickstoffgehalt des Bodens legen wir auch hier wie früher die höchste in einer Analyse gefundene Menge von 5,4 mg N im Kilo Sand zu Grunde.

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben		Stickstoff wiedergefunden		Stickstoff mehr od. weniger wiedergefunden als gegeben war			
					in Nitraten und Samen		in Nitraten, Samen und Boden	
	in Nitraten und Samen	in Nitraten, Samen und Boden	in der oberirdischen Trockensubstanz	in der ganzen Pflanze	in der oberirdisch. Trockensubstanz	in der ganzen Pflanze	in der oberirdisch. Trockensubstanz	in der ganzen Pflanze
	g	g	g	g	g	g	g	g
Buchweizen.								
				1887.				
234.	0,001	0,023	0,001	—	± 0,000	—	— 0,022	—
235.	0,001	0,023	0,002	—	+ 0,001	—	— 0,021	—
236.	0,001	0,023	0,001	—	± 0,000	—	— 0,022	—
237.	0,001	0,023	0,001	—	± 0,000	—	— 0,022	—
238.	0,001	0,023	0,001	—	± 0,000	—	— 0,022	—
239.	0,001	0,023	0,001	—	± 0,000	—	— 0,022	—
240.	0,008	0,030	0,003	—	— 0,005	—	— 0,027	—
241.	0,008	0,030	0,002	—	— 0,006	—	— 0,028	—
Serradella.								
				1887.				
242.	0,001	0,023	—	0,001	—	± 0,000	—	— 0,022
243.	0,001	0,023	—	0,001	—	± 0,000	—	— 0,022
244.	0,001	0,023	0,255	0,349	+ 0,254	+ 0,348	+ 0,232	+ 0,326
245.	0,001	0,023	0,294	0,396	+ 0,293	+ 0,395	+ 0,271	+ 0,373
246.	0,001	0,023	—	0,001	—	± 0,000	—	— 0,022
247.	0,001	0,023	—	0,001	—	± 0,000	—	— 0,022
248.	0,001	0,023	0,324	0,353	+ 0,323	+ 0,352	+ 0,301	+ 0,330
249.	0,001	0,023	0,387	0,444	+ 0,386	+ 0,443	+ 0,364	+ 0,421
250.	0,001	0,023	0,172	0,250	+ 0,171	+ 0,249	+ 0,149	+ 0,227
251.	0,001	0,023	0,150	0,203	+ 0,149	+ 0,202	+ 0,127	+ 0,180
252.	0,001	0,023	—	0,001	—	± 0,000	—	— 0,022
253.	0,001	0,023	—	0,001	—	± 0,000	—	— 0,022
254.	0,057	0,079	0,017	0,029	— 0,040	— 0,028	— 0,062	— 0,050
255.	0,057	0,079	0,018	0,030	— 0,039	— 0,027	— 0,061	— 0,049
256.	0,113	0,135	0,049	0,071	— 0,064	— 0,042	— 0,086	— 0,064
257.	0,113	0,135	0,049	0,071	— 0,064	— 0,042	— 0,086	— 0,064
258.	0,057	0,079	0,123	0,184	+ 0,066	+ 0,127	+ 0,044	+ 0,105
259.	0,057	0,079	0,175	0,248	+ 0,118	+ 0,191	+ 0,096	+ 0,169
260.	0,113	0,135	0,123	0,177	+ 0,010	+ 0,064	— 0,012	+ 0,042
261.	0,113	0,135	0,232	0,318	+ 0,119	+ 0,205	+ 0,097	+ 0,183
262.	0,008	0,030	—	0,002	—	— 0,006	—	— 0,028
263.	0,008	0,030	—	0,003	—	— 0,005	—	— 0,027
264.	0,008	0,030	—	0,003	—	— 0,005	—	— 0,027
265.	0,008	0,030	—	0,004	—	— 0,004	—	— 0,026

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben		Stickstoff wiedergefunden		Stickstoff mehr od. weniger wiedergefunden als gegeben war			
					in Nitraten und Samen		in Nitraten, Samen und Boden	
	in Nitraten und Samen	in Nitraten, Samen und Boden	in der oberirdischen Trockensubstanz	in der ganzen Pflanze	in der oberirdisch. Trockensubstanz	in der ganzen Pflanze	in der oberirdisch. Trockensubstanz	in der ganzen Pflanze
	g	g	g	g	g	g	g	g
266.	0,001	0,023	—	0,001	—	± 0,000	—	— 0,022
267.	0,001	0,023	—	0,001	—	± 0,000	—	— 0,022
268.	0,001	0,023	0,295	0,387	+ 0,294	+ 0,386	+ 0,272	+ 0,364
269.	0,001	0,023	0,216	0,288	+ 0,215	+ 0,287	+ 0,193	+ 0,265
270.	0,113	0,135	0,049	0,071	— 0,064	— 0,042	— 0,086	— 0,064
271.	0,113	0,135	0,046	0,067	— 0,067	— 0,046	— 0,089	— 0,068
				Lupinen.				
				1887.				
276.	0,021	0,064	0,445	0,514	+ 0,424	+ 0,493	+ 0,381	+ 0,450
277.	0,021	0,064	0,590	0,660	+ 0,569	+ 0,639	+ 0,526	+ 0,596
281.	0,021	0,064	—	0,012	—	— 0,009	—	— 0,052
282.	0,021	0,064	—	0,012	—	— 0,009	—	— 0,052
283.	0,021	0,064	0,204	0,226	+ 0,183	+ 0,205	+ 0,140	+ 0,162
284.	0,021	0,064	—	0,026	—	+ 0,005	—	— 0,038
285.	0,021	0,064	—	0,015	—	— 0,006	—	— 0,049
286.	0,021	0,064	—	0,014	—	— 0,007	—	— 0,050
287.	0,021	0,064	0,979	1,141	+ 0,958	+ 1,120	+ 0,915	+ 1,077
288.	0,021	0,064	0,908	1,153	+ 0,887	+ 1,132	+ 0,844	+ 1,089
289.	0,021	0,064	—	0,013	—	— 0,008	—	— 0,051
290.	0,021	0,064	—	0,013	—	— 0,008	—	— 0,051
291.	0,021	0,064	0,914	1,185	+ 0,893	+ 1,164	+ 0,850	+ 1,121
292.	0,021	0,064	1,196	1,307	+ 1,175	+ 1,286	+ 1,132	+ 1,243
307.	0,077	0,120	0,718	0,783	+ 0,641	+ 0,706	+ 0,598	+ 0,663
320.	0,021	0,064	0,522	0,583	+ 0,501	+ 0,562	+ 0,458	+ 0,519
321.	0,021	0,064	0,480	0,518	+ 0,459	+ 0,497	+ 0,416	+ 0,454
				Erbsen.				
				1886.				
130.	0,016	0,038	0,567	—	+ 0,551	—	+ 0,529	—
131.	0,016	0,038	0,439	—	+ 0,423	—	+ 0,401	—
135.	0,016	0,038	0,085	—	+ 0,069	—	+ 0,047	—
143.	0,016	0,038	0,071	—	+ 0,055	—	+ 0,033	—
144.	0,016	0,038	0,038	—	+ 0,022	—	+ 0,000	—
147.	0,016	0,038	0,507	—	+ 0,491	—	+ 0,469	—
155.	0,016	0,038	0,451	—	+ 0,435	—	+ 0,413	—
156.	0,016	0,038	0,114	—	+ 0,098	—	+ 0,076	—
158.	0,016	0,038	0,494	—	+ 0,478	—	+ 0,456	—

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben		Stickstoff wiedergefunden		Stickstoff mehr od weniger wiedergefunden als gegeben war			
					in Nitraten und Samen		in Nitraten, Samen und Boden	
	in Nitraten und Samen	in Nitraten, Samen und Boden	in der oberirdischen Trockensubstanz	in der ganzen Pflanze	in der oberirdisch. Trockensubstanz	in der ganzen Pflanze	in der oberirdisch. Trockensubstanz	in der ganzen Pflanze
	g	g	g	g	g	g	g	g
159.	0,016	0,038	0,038	—	+ 0,022	—	± 0,000	—
160.	0,016	0,038	0,425	—	+ 0,409	—	+ 0,387	—
161.	0,016	0,038	0,493	—	+ 0,477	—	+ 0,455	—
165.	0,016	0,038	0,520	—	+ 0,504	—	+ 0,482	—
169.	0,016	0,038	0,469	—	+ 0,453	—	+ 0,431	—
170.	0,016	0,038	—	0,008	—	— 0,008	—	— 0,030
171.	0,016	0,038	—	0,008	—	— 0,008	—	— 0,030
				1887.				
322.	0,016	0,038	0,007	0,013	— 0,009	— 0,003	— 0,031	— 0,025
323.	0,016	0,038	0,006	0,013	— 0,010	— 0,003	— 0,032	— 0,025
324.	0,016	0,038	—	0,014	—	— 0,002	—	— 0,024
325.	0,016	0,038	0,285	0,329	+ 0,269	+ 0,313	+ 0,247	+ 0,291
326.	0,016	0,038	0,285	0,307	+ 0,269	+ 0,291	+ 0,247	+ 0,269
327.	0,016	0,038	0,588	0,636	+ 0,572	+ 0,620	+ 0,550	+ 0,598
328.	0,016	0,038	0,008	0,015	— 0,008	— 0,001	— 0,030	— 0,023
329.	0,016	0,038	0,009	0,014	— 0,007	— 0,002	— 0,029	— 0,024
330.	0,016	0,038	—	0,015	—	— 0,001	—	— 0,023
331.	0,016	0,038	0,422	0,459	+ 0,406	+ 0,443	+ 0,384	+ 0,421
332.	0,016	0,038	0,311	0,331	+ 0,295	+ 0,315	+ 0,273	+ 0,293
333.	0,016	0,038	0,432	0,489	+ 0,416	+ 0,473	+ 0,394	+ 0,451
334.	0,016	0,038	0,270	0,291	+ 0,254	+ 0,275	+ 0,232	+ 0,253
335.	0,016	0,038	0,275	0,294	+ 0,259	+ 0,278	+ 0,237	+ 0,256
336.	0,016	0,038	0,331	0,358	+ 0,315	+ 0,342	+ 0,293	+ 0,320
337.	0,016	0,038	0,442	0,499	+ 0,426	+ 0,483	+ 0,404	+ 0,461
338.	0,016	0,038	0,651	0,736	+ 0,635	+ 0,720	+ 0,613	+ 0,698
339.	0,016	0,038	0,449	0,487	+ 0,433	+ 0,471	+ 0,411	+ 0,449
340.	0,016	0,038	0,427	0,489	+ 0,411	+ 0,473	+ 0,389	+ 0,451
341.	0,016	0,038	0,420	0,451	+ 0,404	+ 0,435	+ 0,382	+ 0,413
342.	0,016	0,038	0,009	0,014	— 0,007	— 0,002	— 0,029	— 0,024
343.	0,016	0,038	0,165	0,176	+ 0,149	+ 0,160	+ 0,127	+ 0,138
344.	0,072	0,094	0,034	0,051	— 0,038	— 0,021	— 0,060	— 0,043
345.	0,072	0,094	0,151	0,186	+ 0,079	+ 0,114	+ 0,057	+ 0,092
346.	0,128	0,150	0,066	0,112	— 0,062	— 0,016	— 0,084	— 0,038
347.	0,128	0,150	0,210	0,265	+ 0,082	+ 0,137	+ 0,060	+ 0,115
348.	0,240	0,262	0,136	0,170	— 0,104	— 0,070	— 0,126	— 0,092
349.	0,240	0,262	0,108	0,147	— 0,132	— 0,093	— 0,154	— 0,115
350.	0,072	0,094	0,093	0,110	+ 0,021	+ 0,038	— 0,001	+ 0,016

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben		Stickstoff wiedergefunden		Stickstoff mehr od. weniger wiedergefunden als gegeben war			
					in Nitraten und Samen		in Nitraten, Samen und Boden	
	in Nitraten und Samen	in Nitraten, Samen und Boden	in der oberirdischen Trockensubstanz	in der ganzen Pflanze	in der oberirdisch. Trockensubstanz	in der ganzen Pflanze	in der oberirdisch. Trockensubstanz	in der ganzen Pflanze
	g	g	g	g	g	g	g	g
351.	0,072	0,094	0,028	0,047	— 0,044	— 0,025	— 0,066	— 0,047
352.	0,128	0,150	0,272	0,294	+ 0,144	+ 0,166	+ 0,122	+ 0,144
353.	0,128	0,150	0,208	0,220	+ 0,080	+ 0,092	+ 0,058	+ 0,070
354.	0,240	0,262	0,344	0,399	+ 0,104	+ 0,159	+ 0,082	+ 0,137
355.	0,240	0,262	0,385	0,436	+ 0,145	+ 0,196	+ 0,123	+ 0,174
356.	0,023	0,045	0,007	0,013	— 0,016	— 0,010	— 0,038	— 0,032
357.	0,023	0,045	0,006	0,013	— 0,017	— 0,010	— 0,039	— 0,032
358.	0,023	0,045	—	0,014	—	— 0,009	—	— 0,031
359.	0,023	0,045	0,010	0,018	— 0,013	— 0,005	— 0,035	— 0,027
360.	0,023	0,045	0,009	0,016	— 0,014	— 0,007	— 0,036	— 0,029
361.	0,023	0,045	—	0,016	—	— 0,007	—	— 0,029
362.	0,016	0,038	—	0,013	—	— 0,003	—	— 0,025
363.	0,016	0,038	0,138	—	+ 0,122	—	+ 0,100	—
364.	0,016	0,038	0,370	0,388	+ 0,354	+ 0,372	+ 0,332	+ 0,350
365.	0,016	0,038	0,041	0,048	+ 0,025	+ 0,032	+ 0,003	+ 0,010
366.	0,072	0,094	0,033	0,052	— 0,039	— 0,020	— 0,061	— 0,042
367.	0,072	0,094	0,029	0,045	— 0,043	— 0,027	— 0,065	— 0,049
368.	0,128	0,150	0,057	0,088	— 0,071	— 0,040	— 0,093	— 0,062
369.	0,128	0,150	0,066	0,097	— 0,062	— 0,031	— 0,084	— 0,053
370.	0,128	0,150	0,260	0,295	+ 0,132	+ 0,167	+ 0,110	+ 0,145
371.	0,128	0,150	0,360	0,428	+ 0,232	+ 0,300	+ 0,210	+ 0,278

10.

Bevor wir daran gehen, aus diesen Experimenten unsere Schlüsse zu ziehen, halten wir es für erforderlich, erst noch die zwei Störungen etwas ausführlicher zu besprechen, von denen unsere Culturversuche im Jahre 1887 betroffen wurden, und die oben nur vorübergehend erwähnt sind.

Es war S. 98 angeführt, dass unsere Versuchspflanzen einmal während der Blütheperiode von zufälligen Exhalationen aus einer ziemlich entfernt liegenden Fabrik betroffen wurden und dass dieser Umstand die weitere Entfaltung der gerade in Entwicklung begriffenen Blüthen sowie den Samenertrag empfindlich benachtheiligte.

Wir pflegen in jedem Jahre neben unseren übrigen Versuchen einige Gefässe immer in genau gleicher Weise mit Gerste oder Hafer zu be-

stellen, — nicht um das längst Bewiesene immer wieder von Neuem zu beweisen, sondern um an dem ganzen Verhalten der so lange und so oft beobachteten Pflanzen täglich einen bequemen Maassstab für den ungestörten Verlauf der Vegetation vor Augen zu haben. Dieselben sollen uns etwa den gleichen Controlledienst leisten, den uns das neben dem Richard'schen Thermomètre enregistreur aufgehängte Normal-Thermometer leistet.

In der That war es das Weisswerden der Haferspelzen und das nachträgliche theilweise Leerbleiben derselben, welches uns zuerst und noch rechtzeitig genug auf die beregte Störung aufmerksam machte, um die Ursache derselben ermitteln zu können. Nicht minder bestimmt aber zeigte das ganze übrige Wachsthum des Hafers sowie der anderen Versuchspflanzen bis zur Reife, dass hierdurch eben nur die Ueberführung der Stoffe aus den Blatt- in die Fruchtorgane gehemmt, nicht aber die normale Entwicklung der ersteren, die Produktion von Trockensubstanz überhaupt und die Assimilation von Stickstoff schädlich beeinflusst worden war.

Den entscheidenden Beweis dafür wird man in folgenden Zahlen finden dürfen:

In den Versuchen mit Hafer war unter sonst gleichen Bedingungen

im Jahre	Versuchs-Nummer	Stickstoff gegeben in Nitraten u. Samen	und davon geerntet in den oberirdischen Organen in Summa	
			Trockensubstanz	Stickstoff
		g	g	g
	a) bei normaler Vegetation:			
1883	42 – 44	0,061	5,287—5,902	0,041
1884	53—55	0,061	5,128—5,726	0,035
	b) bei gestörter Samenbildung:			
1887	220—231	0,061	4,603—5,736	0,030—0,038
und ebenso:				
	a) bei normaler Vegetation:			
1883	40—41	0,117	10,941—10,981	0,080
1884	50—52	0,117	9,890—11,058	0,076
1885	58—65	0,117	9,742—12,545	0,087
1886	126—127	0,117	11,462—11,600	0,080
	b) bei gestörter Samenbildung:			
1887	220—231	0,117	11,399—12,843	0,074—0,085

Zum Anderen waren im Jahre 1887 unsere Versuche mit Lupinen zum grössten Theile vollständig missrathen und wir hatten oben als Grund dafür die saure Reaction der Nährlösung angeklagt. Es erübrigt noch, auch für diese Behauptung den Beweis zu erbringen.

Lange und viel hatten wir uns früher in Dahme, später in Bernburg bemüht, die Lupine als willkommene Versuchsfrucht zu unseren Ernährungsversuchen mit zu nutzen, aber immer ohne Erfolg, denn es gelang nie, diese Pflanze in unserem Sande mit Zusatz von Nährlösung unter den Umständen, unter welchen Gramineen wie verschiedene andere Leguminosen tadellos vegetirten, zu einem normalen Wachsthum zu bringen. Gelangten einzelne Exemplare wohl bis zur Blüthen- und selbst Fruchtbildung, so waren sie immerhin noch weit davon entfernt, ganz befriedigen zu können. Verminderung oder Vermehrung einzelner Nährstoffe, Herabsetzen der Concentration der Nährlösung, Beschränkung der Bodenfeuchtigkeit etc. etc. besserten nichts an der Sache.

Es war im Jahre 1886, als wir zum ersten Male gesunde und voll befriedigende Lupinen wachsen sahen, und diese Beobachtung bewog uns, obwohl die oben gegebene Bemerkung, dass in einem Controllegefässe die Pflanzen im späteren Verlaufe eine gelbe kränkliche Farbe annahmen, bewies, dass auch diesmal noch nicht alles in Ordnung war, unseren Lupinenversuchen im folgenden Jahre wieder eine grössere Ausdehnung zu geben.

Leider aber entsprach der Ausfall den gehegten Erwartungen keineswegs, indem bei Weitem der grösste Theil der Lupinen vollständig missrieth. Aus der Gesammtheit der Versuche liess sich aber wenigstens diesmal sehr bestimmt der Punkt erkennen, an welchem der Fehler gemacht war. Alle Pflanzen, denen die Phosphorsäure in der Nährlösung in der Form von Kaliummonophosphat, gleichgültig ob mit oder ohne Zusatz von Calciumcarbonat gegeben worden war, waren krank, alle Pflanzen, in deren Nährlösung das Monophosphat durch Zusatz von Kaliumcarbonat in Kaliumdi- oder -triphosphat umgewandelt war, waren gesund und vollkommen normal.

Der Gegensatz machte sich so prägis und ausnahmslos geltend, dass wir die Sache hiermit hätten als erledigt ansehen können, wenn dem nicht die anfangs ganz unerklärliche und geradezu verblüffend wirkende Thatsache gegenüber gestanden hätte, dass die Lupinen im Jahre 1886 ihre Phosphorsäure ebenfalls in Form von Kaliummonophosphat neben Calciumcarbonat erhalten und trotzdem bis auf eine Ausnahme normal gewachsen waren.

Glücklicherweise gelang es, eine genügende Erklärung für diesen Widerspruch ziemlich bald in Folgendem zu finden.

Verschiedene auffallende Erscheinungen bei als nicht hergehörig hier nicht mit erwähnten Culturversuchen mit Zuckerrüben veranlassten uns, den dabei verwendeten kohlensauren Kalk einer näheren Prüfung zu unterziehen. Derselbe war auch bei den Lupinenversuchen im Jahre 1886

verwendet, war aus einer renommirten, uns lange Zeit bewährten chemischen Fabrik bezogen und reagirte — stark alkalisch.

Diese Erklärung fand sich zeitig genug, um noch im Laufe des Jahres 1887 eine neue Versuchsreihe von 8 Nummern zu weiterer Bestätigung in Gang setzen zu können, die zugleich den Effect einzelner Veränderungen in der Zusammensetzung und Concentration der Nährlösung nebenbei zu prüfen erlaubte, und deren Resultat wir sofort in gewohnter Form folgen lassen:

Culturgefässe, Sandmenge, Bodenfeuchtigkeit, Qualität des Saatgutes und Zahl der ausgesäeten Samen waren dieselben wie bei den übrigen Lupinen-Versuchen des gleichen Jahres — No. 272—321 — vgl. oben S. 110 folg.

Versuchsfrucht: Lupinus luteus.
Vegetationszeit: 18. Juni — 4. November.
Nährstoffe: pro Culturgefäss

	No. 372	No. 373	No. 374	No. 375
	g	g	g	g
Kaliummonophosphat:	0,544	0,544	0,544	0,272
Kaliumcarbonat:	—	—	0,276	0,138
Kaliumchlorid:	0,597	0,149	—	—
Kaliumsulphat:	—	—	0,523	0,261
Magnesiumsulphat:	0,240	0,240	0,240	0,120
Calciumchlorid:	—	—	0,444	0,222
Calciumsulphat:	—	—	0,272	0,136
Calciumcarbonat:	4,000	4,000	—	—

	No. 376	No. 377	No. 378	No. 379
	g	g	g	g
Kaliummonophosphat:	0,544	0,272	0,272	0,136
Kaliumcarbonat:	0,276	0,138	0,138	0,069
Kaliumchlorid:	0,448	0,224	0,149	0,075
Kaliumsulphat:	—	—	—	—
Magnesiumsulphat:	0,240	0,120	0,120	0,060
Calciumchlorid:	—	—	0,111	0,056
Calciumsulphat:	0,272	0,136	—	—
Calciumcarbonat:	2,000	1,000	—	—

Ausserdem erhielten noch sämmtliche Nummern ohne Ausnahme je 50 ccm Bodenaufguss von Sandboden No. I (entsprechend 10 g Boden) beigemischt.

Stickstoff-Verbindungen wurden nirgends verabreicht.

Die Lupinen gingen gut auf und standen in den ersten drei Wochen befriedigend und gleichmässig.

Die Hungerperiode dauerte nur kurze Zeit.

Mitte Juli verloren die Pflanzen der beiden Nummern 372 und 373, welche die Phosphorsäure als Monophosphat erhalten hatten, ihre grüne Farbe und sahen bald ganz gelb aus; einzelne Blättchen wurden fleckig, andere vertrockneten und fielen von den Blattstielen; alle sechs Pflanzen waren schwer krank und blieben es bis zur Ernte.

Im Gegensatz hierzu hielten sich die Pflanzen der sechs übrigen Nummern, denen die Phosphorsäure als Diphosphat gegeben war, ausnahmslos allezeit grün, wuchsen bald frisch vorwärts und entwickelten sich zu gesunden, normalen Exemplaren. Unter sich zeigten dieselben nur insofern einen deutlichen Unterschied, als die Nummern mit geringer Concentration der Nährlösung sich anfangs anscheinend besser, jedenfalls aber auffallend rascher entfalteten, als die mit concentrirterer Lösung. Im Anfang August waren die letzteren in der Grösse hinter den ersteren noch sichtlich zurück, zeigten auch ihre Blättchen in eigenthümlicher Weise dunkelfleckig, bald aber verschwand diese Erscheinung, und das Versäumte wurde rasch und energisch nachgeholt. Sämmtliche 18 Pflanzen blühten schön und setzten in normaler Weise Früchte an. Bis zum 4. November gelangte nur die eine Nummer 379, welche die geringste Nährstoffconcentration erhalten hatte, zur vollständigen Reife, die übrigen mussten wegen der vorgerückten Jahreszeit noch mehr oder weniger grün geerntet werden.

Dabei wurde gefunden:

Versuchs-No.	Anzahl der angesetzten Samen	Trockensubstanz in					
		Samen	Spreu	Stroh	Oberirdische Organe in Summa	Wurzeln	ganze Pflanze
		g	g	g	g	g	g
	a) mit Monophosphat:						
372.	—	—	—	1,016	1,016	0,878	1,894
373.	—	—	—	1,072	1,072	0,145	1,217
	b) mit Diphosphat:						
374.	98	5,306	9,040	20,213	34,559	9,959	44,518
375.	44	3,994	6,349	25,707	36,050	12,647	48,697
376.	28	2,590	3,773	32,328	38,691	12,505	51,196
377.	45	3,526	8,986	29,533	42,045	16,402	58,447
378.	35	1,790	4,336	29,685	35,811	7,972	43,783
379.	35	4,250	4,801	11,142	20,193	6,593	26,786

In dieser Trockensubstanz ergab die Analyse nach Kjeldahl-Wilfarth'scher Methode als procentischen Gehalt an

Versuchs-No.	Stickstoff: Samen %	Spreu %	Stroh %	Wurzeln %	Ganze Pflanze %
a) mit Monophosphat:					
372.	—	—	2,61		2,61
373.	—	—	2,60		2,60
b) mit Diphosphat:					
374.	7,06	1,76	2,03	2,22	2,56
375.	8,01	2,49	1,49	1,64	2,19
376.	7,59	1,22	1,37	1,31	1,66
377.	7,96	2,55	1,43	1,37	1,98
378.	6,79	3,23	1,22	3,35	2,04
379.	7,67	0,72	1,44	2,18	2,48

Und zieht man aus diesen Daten in derselben Weise wie oben die Stickstoffbilanz, so erhält man:

Versuchs-No.	Stickstoff gegeben: in den Samen	in Samen und Boden	Stickstoff wiedergefunden: in der oberirdischen Trockensubstanz	in der ganzen Pflanze	Stickstoff mehr od. weniger wiedergefunden als gegeben war: in den Samen: in der oberirdisch. Trockensubstanz	in der ganzen Pflanze	in Samen u. Boden: in der oberirdisch. Trockensubstanz	in der ganzen Pflanze
	g	g	g	g	g	g	g	g
a) mit Monophosphat:								
372.	0,021	0,064	?	0,049	—	+ 0,028	—	— 0,015
373.	0,021	0,064	?	0,032	—	+ 0,011	—	— 0,032
b) mit Diphosphat:								
374.	0,021	0,064	0,917	1,138	+ 0,896	+ 1,117	+ 0,853	+ 1,074
375.	0,021	0,064	0,861	1,068	+ 0,840	+ 1,047	+ 0,797	+ 1,004
376.	0,021	0,064	0,686	0,849	+ 0,665	+ 0,828	+ 0,622	+ 0,785
377.	0,021	0,064	0,932	1,157	+ 0,911	+ 1,136	+ 0,868	+ 1,093
378.	0,021	0,064	0,624	0,892	+ 0,603	+ 0,871	+ 0,560	+ 0,828
379.	0,021	0,064	0,521	0,665	+ 0,500	+ 0,644	+ 0,457	+ 0,601

Die vorstehenden Zahlen sprechen so deutlich, dass sie eines weiteren Commentars nicht bedürfen. In der That, die Lupine verträgt die saure Reaction der Nährlösung, welche durch Einfügen ansehnlicher Quantitäten von Phosphorsäure in der Form von Monokaliumphosphat bedingt wird und bei welcher sich Gramineen und andere Pflanzen, sowie selbst verschiedene Leguminosen ganz wohl befinden, nicht ohne Schaden und — die Beigabe von Calciumcarbonat, selbst in relativ bedeutenden Mengen hebt diese Schädigung nicht auf, jedenfalls weil die Umsetzung des Monophosphats in Calciumdi- und schliesslich -triphosphat unter Verhältnissen, wie sie bei unsern Culturversuchen vorlagen, zu langsam erfolgt, um rechtzeitig wirksam zu werden.

Bei Culturversuchen, welche die ganze Vegetationszeit einer Pflanze umfassen, lassen sich Störungen trotz aller Sorgfalt nicht immer fern halten, aber sie verlieren ihr Bedenkliches, sobald es gelingt, Grund und Tragweite derselben bestimmt festzustellen, und wir hoffen nach der vorstehenden Auseinandersetzung gerechtfertigt zu erscheinen, wenn wir in der Folge bei Besprechung der Resultate unserer Versuche bezüglich der Stickstoffaufnahme der Pflanzen auf die mangelhafte Fruchtbildung im Jahre 1887 einen besonderen Werth nicht legen, und wenn wir die in saurer Nährlösung missrathenen Lupinen-Nummern einfach ignoriren, die in neutraler resp. basischer normal gewachsenen aber als ebenso beweisend ansehen, wie unsere übrigen Versuchspflanzen.

11.

Die directen Ergebnisse der vorstehenden Versuche aus den Jahren 1886 und 1887 glaube ich hiernach in folgende Sätze zusammenfassen zu können:

A. Bezüglich der **Gramineen:**

Die Versuche mit Hafer, resp. Gerste aus den Jahren 1886—87 bestätigten zunächst die in früherer Zeit sowie in den Jahren 1883—85 gemachten Erfahrungen nach jeder Richtung, indem sie wiederum zeigten:

a) Das Wachsthum dieser Pflanzenarten stand in strenger Abhängigkeit von den im Boden vorhandenen Nitraten, — und eine bestimmte Menge Bodenstickstoff lieferte überall annähernd den gleichen Ertrag an Trockensubstanz.

b) Unter den gegebenen Verhältnissen fanden die beiden Versuchspflanzen ausser den im Boden vorhandenen Nitraten keine andere Quelle, aus der sie ihren Stickstoffbedarf in bemerkenswerther Ausgiebigkeit zu schöpfen vermochten, — und

in der Ernte wurde stets weniger Stickstoff wieder gefunden, als in Samen, Boden und Nährstofflösung bei Beginn des Versuchs nachweisbar war.

Nach einer Zugabe von Stickstoff (als Calcium-Nitrat)	wurde geerntet an oberirdischer Trockensubstanz	und darin mehr oder weniger Stickstoff wiedergefunden, als in Samen, Nährstofflösung und Boden gegeben worden war
g	g	g
	bei der Gerste.	
	in den Jahren 1883—85.	
0,224	20,396 bis 23,384	— 0,073 bis — 0,106
0,112	10,210 „ 11,251	— 0,061 „ — 0,068
0,056	5,322 „ 5,704	— 0,046 „ — 0,049
0,000	0,415 „ 0,650	— 0,023 „ — 0,025*)
	im Jahre 1886.	
0,224	21,292 bis 21,459	— 0,087
0,112	11,949 „ 12,716	— 0,056
0,000	0,459 „ 0,650	— 0,026 bis — 0,027*)
	bei dem Hafer.	
	in den Jahren 1883—85.	
0,224	21,273 bis 22,757	— 0,070 bis — 0,085
0,112	9,742 „ 12,545	— 0,055 „ — 0,066
0,056	5,128 „ 5,902	— 0,045 „ — 0,051
0,000	0,361 „ 0,671	— 0,024 „ — 0,025*)
	in den Jahren 1886—87.	
0,224	20,702	— 0,086
0,112	11,462 bis 12,041	— 0,062 bis — 0,064
0,056	4,603 „ 5,664	— 0,046 „ — 0,049
0,000	0,439 „ 0,604	— 0,022 „ — 0,027*)

Die 1887er Versuche lehrten aber bezüglich des **Hafers** noch weiter Folgendes:

c) Ein Zusatz von Calciumcarbonat, entsprechend einer Erhöhung des Gehalts an kohlensaurem Kalk von 1 ‰ auf 1 % im Boden, bewirkte eine gewisse Steigerung des Ertrags sowohl, als der Stickstoff-Aufnahme, aber der Gewinn hielt sich in beiden Beziehungen in höchst bescheidenen Grenzen.

*) Anmerkung. In der ganzen Pflanze wiedergefundener Stickstoff.

Bei einer Gabe von 4 g Calciumcarbonat = 1 ‰ des Bodens wurde:

von Versuchs-Nummer	mit Zusatz von Stickstoff (Calciumnitrat) g	geerntet an oberirdischer Trockensubstanz g	im Mittel	und gefunden Stickstoff in der ganzen Pflanze g	im Mittel
214.	0,000	0,589	0,597	0,007	0,007
215.	0,000	0,604		0,006	
220.	0,056	4,603	5,134	0,042	0,043
221.	0,056	5,664		0,044	
222.	0,112	12,041	11,757	0,090	0,090
223.	0,112	11,473			

und bei einer Gabe von 40 g Calciumcarbonat = 1 % des Bodens:

218.	0,000	0,658	0,663	0,009	0,009
219.	0,000	0,668		0,009	
228.	0,056	5,736	5,594	0,047	0,046
229.	0,056	5,451		0,044	
230.	0,112	11,399	12,121	0,101	0,103
231.	0,112	12,843		0,104	

d) Ein Zusatz von Bodenaufguss (bereitet von 5 g Boden auf 4 Kilo Sand) blieb vollständig einflusslos sowohl auf das Wachsthum des Hafers als auf die Stickstoffaufnahme

Ohne Zugabe von Bodenaufguss wurde:

von Versuchs-Nummer	mit Zusatz von Stickstoff (Calciumnitrat) g	geerntet an oberirdischer Trockensubstanz g	im Mittel	und gefunden Stickstoff in der ganzen Pflanze g	im Mittel
214.	0,000	0,589	0,597	0,007	0,007
215.	0,000	0,604		0,006	
220.	0,056	4,603	5,134	0,042	0,043
221.	0,056	5,664		0,044	
222.	0,112	12,041	11,757	0,090	0,090
223.	0,112	11,473			

und mit Zugabe von Bodenaufguss:

216.	0,000	0,659	0,699	0,007	0,008
217.	0,000	0,738		0,009	
224.	0,056	4,661	4,822	0,038	0,038
225.	0,056	4,983		0,037	
226.	0,112	11,462	11,639	0,088	0,092
227.	0,112	11,816		0,096	

e) Im Boden vorhandene Nitrate wurden selbst bei sehr hochgradiger Verdünnung noch aufgenommen und zeigten sich wirksam; eine Gabe von Calciumnitrat, welche einem Zusatze von $1^3/_4$ Theilen Stickstoff auf 1 Million Theile Boden entsprach, machte sich sowohl in dem gesteigerten Wachsthume der Pflanze, als in dem Stickstoffgehalte der Ernte unverkennbar bemerklich.

Von Versuchs-No.	Mit Zusatz von Stickstoff (Calciumnitrat) g	Wurde geerntet an oberirdischer Trockensubstanz g	im Mittel	und gefunden Stickstoff in der ganzen Pflanze g	im Mittel
214.	0,000	0,589	0,597	0,007	0,007
215.	0,000	0,604		0,006	
232.	0,007	0,981	1.014	0,011	0,011
233.	0,007	1,046		0,011	

f) Erhitzen der Nährlösung und des Sandes, sowie die Bedeckung des letzteren mit Watte während der Vegetation, kurz alle die Manipulationen, welche von uns eventuell behufs Sterilisirung angewendet wurden, änderten an diesen Verhältnissen nichts und zeigten überhaupt weder einen vortheilhaften noch einen schädlichen Einfluss auf das Wachsthum der Haferpflanze.

Bis zum Jahre 1886 incl. war bei den Haferversuchen keine der genannten Operationen in Anwendung gekommen, und es wurde geerntet

bei einer Zugabe von Stickstoff	oberirdische Trockensubstanz	im Mittel aller Versuche von 1883—1886
g	g	g
0,000	0,361—0,671	0,489
0,056	5,128—5,902	5,615
0,112	9,742—12,545	11,200

Im Jahre 1887 waren die Haferversuche genau so behandelt worden, wie die sterilisirten Nummern der Versuche mit Leguminosen, und man erntete:

bei einer Zugabe von Stickstoff	oberirdischer Trockensubstanz	im Mittel
g	g	g
0,000	0,589—0,604	0,597
0,056	4,603—5,664	5,134
0,112	11,473—12,041	11,757

Nur anhangsweise sei hier kurz bemerkt, dass sich der Buchweizen, soweit überhaupt mit dieser Pflanze experimentirt wurde, dem Hafer in allen Stücken ähnlich verhielt.

Nichts deutete darauf hin, dass diese Pflanze ihren Stickstoffbedarf oder auch nur einen Theil desselben aus einer anderen Quelle schöpfen könne als aus den im Boden vorhandenen assimilirbaren Verbindungen;

eine Beigabe von Bodenaufguss blieb ohne jeden Effect;

die Vermehrung des kohlensauren Kalks im Boden hatte weder eine bemerkenswerthe Steigerung des Ertrags noch der Stickstoffaufnahme zur Folge;

wohl aber der Zusatz einer ganz geringen Menge von Nitraten zum Boden (und zwar in dem Verhältniss von $1^3/_4$ Theilen Stickstoff auf 1 Million Theile Boden).

Die Zahlenbeläge hierzu sind in der kleinen Tabelle auf S. 102 bequem zu finden.

B. Bezüglich der **Leguminosen:**

Die Versuche aus dem Jahre 1886 bestätigten zunächst die früheren Erfahrungen, indem sie zeigten:

a) In unserem Sande vermochten die Erbsen auch bei Zugabe einer stickstofffreien Nährstofflösung gut zu wachsen und eine ansehnliche Menge Stickstoff zu assimiliren, aber — Wachsthum und Stickstoffassimilation traten nicht überall ein, und waren offenbar von einer Ursache abhängig, die ganz regellos und zufällig wirksam wurde.

Unter den angegebenen Umständen wurde

in den Jahren	von Nummer	geerntet an oberirdischer Trockensubstanz	und Stickstoff wiedergefunden ± als in Samen und Boden gegeben war in der ganzen Pflanze
		g	g
1883—85		0,551 bis 33,147	− 0,187 bis + 1,242
			in den oberirdischen Theilen
1886	130 bis 159	1,640 bis 20,372	+ 0,000 bis + 0,529

Die Versuche von 1886 lehrten aber in Verbindung mit denen von 1887 noch weiter Folgendes:

b) Wenn Gefässe, Nährstofflösung und Sand sterilisirt waren und der letztere während der Vegetation mit sterilisirter Watte bedeckt wurde, verhielten sich die von uns angebauten Leguminosen mit den Gramineen gleich, d. h. ein normales oder überhaupt bemerkenswerthes Wachsthum derselben

fand ohne Zuführung von Nitraten dann nicht statt und in den Ernteprodukten wurde stets weniger Stickstoff wiedergefunden, als in Samen und Boden zu Anfang gegeben worden war.

Jahr	Versuchs-Nummer	Zugabe von Nitraten	Ernte an oberirdischer Trockensubstanz g	Stickstoffbilanz g
		Serradella.		
1887	242.	0	0,092	— 0,022
	243.	0	0,063	— 0,022
		Lupinen.		
1887	285.	0	0,919	— 0,049
	286.	0	0,800	— 0,050
	289.	0	0,921	— 0,051
	290.	0	1,021	— 0,051
		Erbsen.		
1886	170.	0	0,515	— 0,030
	171.	0	0,559	— 0,030
1887	322.	0	0,779	— 0,025
	323.	0	0,744	— 0,025
	324.	0	0,928	— 0,024

c) Ein normales, gutes Wachsthum, sowie eine ansehnliche Assimilation von Stickstoff waren aber auch ohne Zuführung von Nitraten sofort und ausnahmslos zu erreichen, wenn man dem Sande eine geringe Menge Aufguss von einem in guter Cultur befindlichen Ackerfelde (Sandboden) zuführte (Aufguss von 5 g Boden auf 4000 Sand); unsere Leguminosen verhielten sich in diesem Falle bestimmt und charakteristisch verschieden von den Gramineen.

Unter Vegetations-Verhältnissen, welche mit denen der sub b genannten Nummern absolut gleich waren, wurde nach Zugabe von Sand-Bodenaufguss

Jahr	Versuchs-No.	Zugabe von Nitraten	geerntet an oberirdischer Trockensubstanz g	und Stickstoff mehr oder weniger wiedergefunden, als in Samen und Boden gegeben war g
		Serradella.		
1887	244.	0	16,864	+0,326
	245.	0	18,190	+0,373
	248.	0	11,686	+0,330
	249.	0	16,411	+0,421

Jahr	Versuchs-No.	Zugabe von Nitraten	geerntet an oberirdischer Trockensubstanz g	und Stickstoff mehr oder weniger wiedergefunden als in Samen und Boden gegeben war g
		Lupinen.*)		
1887	287.	0	44,718	+1,077
	288.	0	45,611	+1,089
	291.	0	44,481	+1,121
	292.	0	42,451	+1,243
		Erbsen.		
1887	339.	0	17,616	+0,449
	340.	0	20,426	+0,451
	341.	0	15,962	+0,413

d) Die Aufgüsse von verschiedenen Bodenarten wirkten nicht gleich, z. B. blieb die Wirkung des Aufgusses von einem nie gedüngten und selten bebauten Sandboden stark zurück hinter der Wirkung der Aufgüsse, welche von gut cultivirten Böden gewonnen waren, — zugleich aber zeigte sich, dass auch der Aufguss von ein und demselben Boden, die Vegetation verschiedener Leguminosenarten ganz ungleich beeinflusste; — so vermochte z. B. der Aufguss von dem guten Rübenboden unseres Versuchsfeldes das Wachsthum der Erbsen in stickstofflosem Boden vortrefflich zu fördern, während er auf die Entwickelung der Serradella und der Lupine vollständig wirkungslos blieb.

Es wurde

im Jahre	von Versuchs-Nummer	mit Zugabe von Nitraten	geerntet an oberirdischer Trockensubstanz g	und Stickstoff + oder − in der Pflanze wiedergefunden, als in Samen und Boden gegeben war g
		Erbsen nach Zugabe von Bodenaufguss aus Güterglücker Sandboden (5 g Boden per 4000 Sand).		
1887	339.	0	17,616	+0,449
	340.	0	20,426	+0,451
	341.	0	15,962	+0,413

*) Die Lupinen hatten doppelt soviel Bodenvolumen zur Verfügung und doppelt soviel Zusatz von Bodenaufguss erhalten wie die Serradella und die Erbsen.

Im Jahre	von Versuchs-Nummer	mit Zugabe von Nitraten	geerntet an oberirdischer Trockensubstanz g	und Stickstoff + oder — in der Pflanze wiedergefunden, als in Samen und Boden gegeben war g
Bodenaufguss aus Rübenboden vom Versuchsfelde (5 g : 4000 g)				
1887	325.	0	16,617	+ 0,291
	326.	0	12,613	+ 0,269
	327.	0	20,096	+ 0,598
Bodenaufguss von einem anderen Rübenboden aus der Nähe Bernburgs (5 g : 4000 g).				
1887	337.	0	19,711	+ 0,461
	338.	0	27,358	+ 0,698
Bodenaufguss von einem ganz armen, fast culturlosen Sandboden der Domaine Dahme (5 g : 4000 g).				
1887	342.	0	0.919	— 0,024
	343.	0	6,571	+ 0.138
Serradella.				
Bodenaufguss aus Güterglücker Sandboden (5 g : 4000 g).				
1887	244.	0	16.864	+ 0.326
	245.	0	18,190	+ 0,373
	248.	0	11.686	+ 0,330
	249.	0	16,411	+ 0,421
Bodenaufguss aus Rübenboden vom Versuchsfelde (5 g : 4000 g).				
1887	252.	0	0 075	— 0,022
	253.	0	0,055	— 0,022

e) Das vorherige Erhitzen des Sandes, sowie die übrigen Manipulationen, welche zum Sterilisiren der Culturgefässe etc. angewendet wurden, hatte auf die Wirkung des Bodenaufgusses weder einen hemmenden, noch fördernden Einfluss.

Bei unseren Erbsenculturen waren im Jahre 1887, lediglich um diesen Punkt zu erledigen, alle Versuchsnummern, welche Bodenaufguss erhalten sollten, vor Zugabe des letzteren genau auf dieselbe Weise behandelt worden, wie die sterilisirten Nummern, im Jahre 1886 aber war keinerlei derartige Operation mit denselben vorgenommen — und als Resultat wurde gefunden:

Erbsen

in stickstofffreier Nährlösung, aber mit Aufguss von dem Rübenboden unseres Versuchsfeldes (5 g Boden pro 4000 g Sand):

Jahr.	Versuchs-Nummer	geerntet an oberirdischer Trockensubstanz	Stickstoff in der Pflanze mehr wiedergefunden, als in Samen und Boden gegeben war
		g	g
1886	160.	15,789	+ 0,387
	bis	bis	bis
	169.	19,743	+ 0,482
1887	325.	12,613	+ 0,269
	bis	bis	bis
	327.	20,096	+ 0.598

f) Wenn der Bodenaufguss längere Zeit auf 100 ° C. erhitzt wurde, verlor er seine Wirkung vollständig.

In den Parallel-Versuchen zu den vorstehend sub b und c genannten Nummern, denen neben stickstofffreier Nährlösung gekochter Bodenaufguss zugegeben war, wurde

Serradella

im Jahre	Versuchs-Nummer	geerntet an oberirdischer Trockensubstanz	Stickstoff in der Pflanze weniger wiedergefunden, als in Samen und Boden gegeben war
		g	g
1887	246.	0,084	— 0,022
	247.	0,109	— 0,022
		Erbsen.	
1887	328.	0,898	— 0.023
	329.	0,842	— 0,024
	330.	0,922	— 0,023

g) Im Boden vorhandene Nitrate wurden von den Leguminosen aufgenommen und verwerthet.

Bei einer Zugabe von Calciumnitrat war von der sonst unter bestimmten Verhältnissen nach dem Verbrauche der Samenreservestoffe auftretenden Hungerperiode nichts zu bemerken; die Pflanzen wuchsen vielmehr von dem Keimen an regelmässig und ohne Unterbrechung vorwärts; Hungererscheinungen liessen sich erst dann beobachten, wenn der gegebene Vorrath von Nitraten aufgezehrt war.

h) u. zwar verhielten sich die Leguminosen einer Nitratgabe gegenüber in sterilisirtem Boden genau wie die Gramineen, d. h. eine bestimmte Menge Nitratstickstoff lieferte

annähernd einen gleichen Ertrag an Trockensubstanz, und in der Ernte wurde stets weniger an Stickstoff wiedergefunden, als in Samen, Boden und Nährstofflösung bei Beginn des Versuchs nachweisbar war, — während

i) wenn neben den Nitraten gleichzeitig eine geringe Menge von Bodenaufguss gegeben wurde, die Wirkung des letzteren sich der der Nitrate addirte und in Folge dessen der Ertrag nicht mehr in einem directen Verhältnisse zum Bodenstickstoff stand, und der Stickstoffgehalt der Ernte ein entschiedenes Plus über den anfänglichen Stickstoffgehalt des Bodens behauptete.

k) Der durch Zugabe von Bodenaufguss erreichbare Stickstoffgewinn war bei gleichzeitiger Anwesenheit von Nitraten im Boden stets ansehnlich geringer, als ohne dieselbe.

Im Jahre	von Versuchs-No.	mit Zugabe von Stickstoff (Calciumnitrat)	mit Zugabe von Boden-Aufguss	wurde geerntet an oberirdischer Trockensubstanz	und gefunden die Stickstoff-bilanz =
		g		g	g
		Serradella.*)			
1887	254.	0,056	ohne	2,838	— 0,050
	255.	0,056		2,927	— 0,049
	256.	0,112		6,223	— 0,064
	257.	0,112		6,858	— 0,064
1887	258.	0,056	mit (Sandboden)	11,936	+ 0,105
	259.	0,056		15,324	+ 0,169
	260.	0,112		11,037	+ 0,042
	261.	0,112		17,077	+ 0,183
1887	244.	0,000	mit (Sandboden)	16,864	+ 0,326
	245.	0,000		18,190	+ 0,373
	248.	0,000		11,686	+ 0,330
	249.	0,000		16,411	+ 0,421

*) Anmerkung. Bei den Parallel-Versuchen mit Erbsen traten alle diese Verhältnisse weniger bestimmt und klar hervor, weil, wie schon die ganze Vegetation bewies, es uns dort nicht gelungen war, dieselben bis zu Ende sterilisirt zu erhalten. Dass und warum unter unseren Verhältnissen die Aufrechterhaltung der Sterilisation bis zur Ernte bei den Erbsen schwieriger ist, als bei der Serradella und den Lupinen, werde ich ausführlicher zu begründen noch Gelegenheit finden.

l) Nichts deutete darauf hin, dass die Leguminosen ausnahmsweise und insbesondere in auffallend höherem Grade als die Gramineen die Fähigkeit hatten, sehr geringe Quantitäten assimilirbarer Stickstoffverbindungen im Boden aufzuspüren, dieselben aus höchst verdünnter Lösung aufzunehmen und sich nutzbar zu machen.

In Vergleich zu den oben sub A. e aus den Gramineenversuchen mitgetheilten Zahlen ergaben die Versuche mit Leguminosen:

Im Jahre	von Versuchs-Nummer	mit Beigabe von Stickstoff (Calcium-nitrat)	geerntet oberirdische Trockensubstanz	und in der ganzen Pflanze wiedergefunden Stickstoff
		g	g	g
		Serradella		
		in sterilisirtem Boden:		
1887	242.	0,000	0,092	0,001
	243.	0,000	0,063	0,001
	262.	0,001	0,209	0,002
	263.	0,007	0,272	0,003
	in sterilisirtem Boden mit Zusatz von gekochtem Bodenaufguss:			
1887	246.	0,000	0,084	0,001
	247.	0,000	0,109	0,001
	264.	0,007	0,316	0,003
	265.	0,007	0,297	0,004
		Erbsen		
		in sterilisirtem Boden:		
1887	322.	0.000	0,779	0.013
	323.	0,000	0,744	0,013
	324.	0.000	0,928	0,014
	356.	0.007	1,339	0,013
	357.	0,007	1,308	0.013
	358.	0,007	1.265	0,014
	in sterilisirtem Boden mit Zusatz von gekochtem Bodenaufguss:			
1887	328.	0,000	0.898	0,015
	329.	0.000	0.842	0.014
	330.	0,000	0,922	0,015
	359.	0,007	1,044	0,018
	360.	0.007	1,071	0.016
	361.	0,007	1.155	0,016

m) Die Erhöhung des Gehaltes an kohlensaurem Kalk von 1 ‰ auf 1 % im Boden änderte an den vorstehenden Resultaten nichts und blieb überhaupt ohne jeden Effect.

Im Jahre	von Versuchs-Nummer	mit Beigabe von Calcium-carbonat	Stickstoff	Boden-aufguss	wurde geerntet oberirdische Trocken-substanz	und gefunden die Stickstoff-bilanz =
		g	g		g	g
			Serradella.			
1887	242.	4	0.000	ohne	0.092	— 0,022
	243.	4	0,000	ohne	0.063	— 0,022
	266.	40	0,000	ohne	0.135	— 0,022
	267.	40	0.000	ohne	0,092	— 0,022
	256.	4	0.112	ohne	6,223	— 0,064
	257.	4	0.112	ohne	6,858	— 0,064
	270.	40	0,112	ohne	6.077	— 0,064
	271.	40	0.112	ohne	6,837	— 0.068
	244.	4	0,000	mit	16,864	+ 0,326
	245.	4	0,000	mit	18.190	+ 0.373
	248.	0	0,000	mit	11,686	+ 0,330
	249.	0	0,000	mit	16,411	+ 0,421
	268.	40	0.000	mit	17,370	+ 0,364
	269.	40	0,000	mit	13,491	+ 0,265

12.

Der Kern der vorstehenden Resultate liegt offenbar in Folgendem:

Wenn man einen Boden wie den von uns benutzten Quarzsand vor Beginn der Versuche sterilisirt und ihn während der Vegetationszeit sterilisirt erhält, so verhalten sich die in denselben eingesäeten Gramineen und Leguminosen absolut gleich, — d. h. werden dem Boden keine Nitrate oder andere assimilirbaren Stickstoffverbindungen zugesetzt, so bleibt die Produktion der Papilionaceen wie der Gramineen etc. minimal oder ungefähr gleich Null, — durch Zusatz von Nitraten vermag man das Wachsthum der Pflanzen, der Papilionaceen so gut wie der Gramineen, beliebig hervorzurufen und zwar steht in diesem Falle die Produktion, so lange die Stickstoffgabe im Verhältniss zu einem anderen Wachsthumsfactor nicht in Ueber-

schuss tritt, immer annähernd in directem Verhältnisse zu der verabreichten Nitratmenge *), und — in der Ernte wird stets weniger Stickstoff wiedergefunden, als in dem Boden ursprünglich vorhanden war; nichts deutet darauf hin, dass in diesem Fall irgend eine Pflanze, sei es eine Papilionacee oder Graminee etc. die Fähigkeit habe, ihren Stickstoffbedarf ganz oder auch nur theilweise aus einer anderen Quelle zu decken, oder überhaupt nur eine bemerkenswerthe Menge Stickstoff anderswoher aufzunehmen, als aus dem assimilirbaren Stickstoffvorrath im Boden.

Wenn man aber dem Sande einen wässrigen, von einem in guter Cultur befindlichen Ackerboden bereiteten Aufguss zusetzt, so tritt in dem Verhalten der eingesäeten Pflanzen bestimmt und unverkennbar ein typischer, nicht blos quantitativer Unterschied hervor. der sich wie folgt äussert:

In der Vegetation der Gramineen wird nichts geändert; alle Produktionsverhältnisse bleiben dieselben, wie in dem sterilisirten Sande; der Bodenaufguss zeigt sich auf die Entwicklung der Gramineen absolut einflusslos.

Die Papilionaceen dagegen erhalten durch die Zugabe von Bodenaufguss die Fähigkeit auch ohne Zufuhr von Nitraten, oder anderen assimilirbaren Stickstoffverbindungen normal, selbst üppig zu wachsen, sie vermögen ihren vollen Stickstoffbedarf aus einer Quelle zu decken, welche den Gramineen offenbar durchaus unzugänglich ist, und hinterlassen in der Ernte eine bedeutende Quantität Stickstoff mehr, als ihnen bei Beginn der Vegetation im Boden gegeben war.

*) Anmerkung. Wenn wir oben anführten, dass es nicht thunlich sei, die Wirkungszahl des Stickstoffs für die Leguminosen auf demselben bequemen Wege zu bestimmen, wie für die Gramineen, und wenn wir noch weniger im Stande sind, diese Zahl auf Grund der wenigen Unterlagen, über die wir bis jetzt verfügen, auch nur annähernd anzugeben, so geben unsere Versuche, wie mich dünkt, doch den bestimmten Fingerzeig, dass es sehr wohl möglich sei, die Wirkungszahl des Stickstoffs auch bezüglich der Papilionaceen richtig zu finden, wenn man diese Gewächse in sterilisirtem Boden mit Zugabe von Nitraten baut und dieselben während der Vegetation vor dem Zutritte von Mikroorganismen genügend schützt, — und enthalten sogar unverkennbar schon die Andeutung, dass die Wirkungszahl des Stickstoffs bezüglich der Papilionaceen wesentlich niedriger liegt, als bezüglich der Gramineen, so dass z. B. während man unter sonst günstigen Umständen rechnen muss, von 1 Theil Stickstoff, 90 bis 100 Theile Trockensubstanz von Hafer oder Gerste zu ernten, — man unter gleichen Verhältnissen von 1 Theil Stickstoff nur 50 bis 60 Theile Trockensubstanz von der Serradella erwarten darf. (Vgl. die Erträge der Versuchsnummern: 242, 243, 254, 255, 256, 257 auf S. 108.)

Es erübrigt zu erörtern, ob und inwieweit diese Erfahrung in Verbindung mit den anderen vorerwähnten Beobachtungen geeignet ist, die von uns aufgestellte Hypothese, dass diese eigenthümliche Wirkung des Bodenaufgusses, sowie das besondere Verhalten der Papilionaceen bei der Stickstoffaufnahme auf die Thätigkeit von Mikroorganismen zurückzuführen sei, zu stützen, und zugleich einige Einwendungen zurückzuweisen, die bereits gegen unsere Arbeit erhoben sind.

Wir behaupten zunächst, dass der eigenthümliche Unterschied zwischen dem Verhalten der Papilionaceen in dem sterilisirten und in dem mit Bodenaufguss versehenen Sande bestimmt und einzig der Wirkung des Bodenaufgusses und nicht irgend einer anderen Ursache zuzuschreiben sei.

Es ist allerdings experimentell festgestellt, dass nicht nur die Humusstoffe und die thonigen Bestandtheile eines Bodens sondern auch der Quarzsand durch Glühen oder auch nur durch Erhitzen über 100° gewisse Veränderungen erleiden, und — bei unseren Sterilisirungsversuchen hatten wir den Sand bis gegen 200° erhitzt, einigemale sogar geglüht.

Dass aber die hierdurch event. bewirkten Veränderungen einen irgend bemerkbaren Einfluss auf die Stickstoffaufnahme der Pflanzen in unserem Falle nicht ausübten, können wir glücklicherweise beweisen und berufen uns desbezüglich auf die 1887er Experimente.

Im Jahre 1887 waren sämmtliche Versuchsnummern, gleichgültig ob sie als sterilisirt, oder nicht gelten sollten, gleichgültig, ob sie nachher noch einen Zusatz von Bodenaufguss erhalten sollten, oder nicht, — zunächst völlig gleich behandelt, d. h. Sand und Nährlösung waren erhitzt, die ausgesäeten Samen mit einer Lösung von Quecksilberchlorid abgewaschen und der Boden während der ganzen Vegetationszeit mit sterilisirter Watte bedeckt erhalten.

Der eclatante Erfolg, den die Zugabe eines Bodenaufgusses in diesem Jahre ebensogut, wie in allen übrigen Versuchsjahren, auf die Entwicklung der Papilionaceen hatte, lässt es ausser Zweifel, dass der Grund für denselben eben nur in dem Aufgusse selbst zu suchen sei und nirgend anderswo, es sei denn, dass man annehmen wolle, durch die Zugabe von Bodenaufguss seien die stickstoffsammelnden Eigenschaften des Sandes, nachdem sie durch den Sterilisirungsprocess vernichtet waren, auf irgend welche Weise wieder hervorgerufen worden. Eine solche Annahme könnte im Hinblick auf die gleich zu beschreibende Zusammensetzung der Bodenaufgüsse an sich nur eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit haben, und wird durch die ebenfalls aus dem Jahre 1887 stammende Beobachtung, dass ein Aufguss von dem humosen Lehmmergelboden unseres Versuchsfeldes nur bei gewissen Papilionaceenarten,

z. B. der gewöhnlichen Felderbse, eine vortreffliche Wirkung übte, bei anderen aber z. B. bei der gelben Lupine und der Serradella vollständig wirkungslos blieb, direct widerlegt.

Wir behaupten ferner, dass die Wirkung des Bodenaufgusses nicht aus seinem zufälligen Gehalte an Pflanzennährstoffen herzuleiten sei, — und geben dafür die folgenden Belege, indem wir der Kürze halber wiederum die Aufgüsse von dem Rübenboden unseres Versuchsfeldes mit „L I", — von dem Rübenfelde vom rechten Saalufer bei Bernburg mit „L II", — von dem Güterglücker Sandboden mit „S I" — und von dem Dahmenser Sandboden mit „S II" bezeichnen.

Wie bei Beschreibung der Versuche oben erwähnt, wurden in der Regel pro Culturgefäss 25 ccm Aufguss verabreicht, nur die grösseren, 8 Kilo Sand fassenden Gefässe, welche im Jahre 1887 Lupinen trugen, erhielten je 50 ccm davon.

Analytisch wurde darin nachgewiesen:

	In Bodenaufguss ccm	feste Stoffe mg	Stickstoff mg	gegeben zu
		Im Jahre 1886.		
L I.	25	?	0,35	Erbsen
		Im Jahre 1887.		
L I.	25	45,9	0,28	Hafer und Buchweizen
„	25	55,1	0,35	
„	25	60,4	0,35	
L I.	25	21,5	0,21	Erbsen
„	25	21,7	0,21	
L II.	25	35,7	0,28	
„	25	36,1	0,28	
S I.	25	143,8	0,69	
„	25	122,2	0,69	
S II.	25	7,1	0,14	
„	25	15,0	0,14	
L I.	25	?	0,21	Serradella
„	25	16,3	0,21	
S I.	25	27,1	0,14	
„	25	28,2	0,14	
S I.	50	99,0	0,49	Lupinen.
„	50	99,6	0,49	

Die Stickstoffbestimmungen sind nach der Kjeldahl-Wilfarth'schen Methode mit Zuckerzusatz in der Art ausgeführt, dass die je 25, resp. 50 ccm Bodenaufguss gleich im Zersetzungskolben auf dem Wasserbade eingedampft und dann mit Schwefelsäure etc. weiter behandelt wurden. Davon, dass bei diesem Verfahren ein erheblicher Stickstoffverlust während des Eindampfens nicht stattfand, überzeugten wir uns dadurch, dass wir im geschlossenen Kolben abdampften, das Destillat abkühlten und gesondert titrirten. In der Regel war in dem Letzteren gar kein Ammoniak quantitativ nachzuweisen; in den wenigen Fällen wo dies bei verhältnissmässig hohem Stickstoffgehalte des Aufgusses möglich war, ergab sich

	in Bodenaufguss ccm	Stickstoff als Ammoniak mg
L I.	25	0,04
S I.	25	0,07.

Dass bei den vorstehenden Bestimmungen der Gehalt der verschiedenen Aufgüsse selbst von ein und demselben Boden sehr erhebliche Differenzen aufweist, erklärt sich leicht daraus, dass wir bei Bereitung der Aufgüsse die Zeit des Absetzens der festen Körper willkührlich und ungleich bemassen, und demgemäss jene bald stärker bald schwächer von suspendirten Stoffen getrübt benutzten.

Jedenfalls zeigen die gegebenen Zahlen, dass die Stickstoffmenge, welche wir mit den Bodenaufgüssen unserm Sande zuführten, in keinem einzigen Falle die Höhe von 1 mg erreichte.

Wenn man einestheils sich daran erinnern will, wie gering der Effect war, den wir durch Zugabe von 7 mg Stickstoff in Form von Calciumnitrat erreichten, und wenn man anderntheils erwägt, dass der Stickstoffgewinn der Leguminosen nach Zusatz von Bodenaufguss in der Regel einige Hunderte, unter Umständen sogar mehr als tausend Milligramme betrug, so wird man keine Veranlassung finden, dem minimalen Stickstoffgehalte des Bodenaufgusses irgend eine Rolle bei der Wirkung des letzteren zuzuschreiben.

Zugleich aber wird man es auch erklärlich finden, dass wir oben bei den Berechnungen der Stickstoffbilanz, bei denen wir Bruchtheile eines Milligramms überhaupt nicht in Berücksichtigung zogen, die mit dem Bodenaufgusse zugeführten Stickstoffmengen gänzlich vernachlässigen konnten.

Dass endlich dem event. Gehalte der Bodenaufgüsse an anderen Pflanzennährstoffen (neben der von uns verabreichten Nährstoffmischung) ebensowenig eine grössere Bedeutung beizumessen war, wie dem an Stickstoff, dürfte sich schon aus der oben gefundenen geringen Quantität der Abdampfrückstände mit genügender Sicherheit ergeben, zumal wenn man

bedenkt. dass bei Weitem der grösste Theil dieser Rückstände aus feinstem Sand, Thon etc. bestanden, — mag aber durch die folgenden Analysen noch etwas bestimmter beglaubigt werden:

In den Bodenaufgüssen wurde gefunden. und zwar:

	per Liter g	Daraus berechnet pro 25 ccm Aufguss mg
1. im Aufguss L. I.		
Trockensubstanz	2.2151	
Glühverlust	0,1920	
Unverbrennlich	2.0231	
Davon in Salzsäure unlöslich	1,3615	
„ „ „ löslich	0,6616	
und in dem löslichen Theile		
Phosphorsäure	0,0080	0,20
Kalk	0,0918	2.30
Magnesia	0,0210	0,53
Schwefelsäure	0,0294	0,74
Kali	0.0415	1,04
Natron	0,0221	
2. im Aufguss S. I.		
Trockensubstanz	1,3593	
Glühverlust	0,1132	
Unverbrennlich	1,2461	
Davon in Salzsäure unlöslich	1,0270	
„ „ „ löslich	0.2191	
und in dem löslichen Theile		
Phosphorsäure	0,0125	0,31
Kalk	0,0055	0,14
Magnesia	0,0120	0,30
Schwefelsäure	0,0078	0,20
Kali	0,0091	0,23
Natron	0,0164	
3. im Aufguss S. II.		
Trockensubstanz	1,0951	
Glühverlust	0,1830	
Unverbrennlich	0,9121	
Davon in Salzsäure unlöslich	0,6261	
„ „ „ löslich	0,2860	

3. im Aufguss S. II.	per Liter g	Daraus berechnet pro 25 cm Aufgass mg
und in dem löslichen Theile		
Phosphorsäure	0,0120	0,30
Kalk	0,0108	0,27
Magnesia	0,0133	0,33
Schwefelsäure	0,0099	0,25
Kali	0,0117	0,29
Natron	0,0141	

Wenn aber die Wirkung des Bodenaufgusses nicht zu finden ist in irgend welchem Einflusse auf die stickstoffsammelnden Eigenschaften des Sandes und nicht in seinem Gehalte an Pflanzennährstoffen, — wo ist sie dann zu suchen?'

Nun wir behaupten: in der Thätigkeit der mit dem Bodenaufgusse dem Sande zugeführten Mikroorganismen resp. Pilzkeime — und betrachten folgende Beobachtungen als Stütze dieser Behauptung:

a) Die Menge Bodenaufguss, welche genügt, eine volle Wirkung hervorzubringen, ist sehr gering.

Wir hatten in den Jahren 1886 und 87 überall, wie öfter erwähnt, auf 4000 g Sand 25 ccm Bodenaufguss gegeben und diese 25 ccm Flüssigkeit waren jedesmal von 5 g Culturerde gewonnen. Bedenkt man nun, dass bei der Art, wie wir den Aufguss bereiteten, eine vollständige Erschöpfung des Bodenmaterials niemals eintrat, so wird man sagen dürfen, dass wir unserm Sande mit den Aufgüssen die wirksamen Elemente von nirgend mehr als höchstens 1 per mille Ackererde zuführten.

b) Die Art und Weise, wie sich die durch Zugabe von Bodenaufguss zum Wachsthum angeregten Leguminosen entwickeln, zeigt eine Anzahl von Eigenthümlichkeiten, welche sich kaum anders als durch die Annahme einer Einwirkung von Mikroorganismen erklären lassen.

Um Wiederholungen zu vermeiden, gestatten wir uns in dieser Beziehung auf das von uns oben S. 76 bis 80 Gesagte zurückzuverweisen.

c) Wenn man den Bodenaufguss längere Zeit (½ Stunde) kocht, verliert er seine Wirkung auf das Wachsthum der Leguminosen vollständig.

Vorgreifend sei hier erwähnt, dass. wie uns Versuche im Jahre 1888 lehrten, es schon genügt, einen Bodenaufguss einige Zeit lang auf eine Temperatur von 70 ° C. zu erhitzen, um seine Wirksamkeit gänzlich und sicher zu vernichten.

d) Aufgüsse von verschiedenen Ackererden zeigen auf das Gedeihen der Leguminosen einen durchaus verschiedenen Ein-

fluss, — und der Aufguss von ein und demselben Boden wirkt auf verschiedene Leguminosenarten specifisch ungleich.

Es wird hinreichen, daran zu erinnern, dass es uns z. B. immer leicht gelang, mit Hülfe eines Aufgusses von dem Boden unseres Versuchsfeldes (L. I.) das Gedeihen von Pisum und Vicia wesentlich zu fördern, während die Zugabe desselben Aufgusses auf die Vegetation von Lupinus und Ornithopus allezeit absolut wirkungslos verblieb.

Endlich — und das scheint uns vor allem Anderen beweisend —

e) Die Leguminosen vermögen unter Umständen selbst ohne jeden absichtlichen Zusatz von Bodenaufguss in einem stickstofflosen Bodenmateriale normal zu wachsen und sich bedeutende Mengen von Stickstoff anzueignen, wenn man den zufälligen Zutritt von Pilzsporen aus der Luft nicht sorgfältig verhindert.

Unsere Erbsenculturen liefern hierfür in allen Jahrgängen Beläge in Menge. — Gerade diese Beobachtung war es ja, die uns erst veranlasste, der vorliegenden Frage experimentell näher zu treten.

13.

Erscheint uns hiernach die Ansicht, dass die eigenthümliche Stickstoffansammlung durch die Leguminosen in unserem Falle bestimmt auf die Mitwirkung von Mikroorganismen zurückzuführen sei, genügend begründet, so bewogen uns die bei unseren Versuchen gemachten Beobachtungen, noch einen Schritt weiter zu gehen und anzunehmen, dass diese Wirkung auf einer Symbiose der Mikroorganismen mit der Leguminose beruhe und dass dabei mit verschiedenen Arten der Leguminosen auch verschiedene Arten der ersteren in Verbindung treten. — Wir fassen hierbei den Begriff der Symbiose zunächst in seiner weitesten Bedeutung als ein Verhältniss auf, in welchem die beiderlei Geschöpfe gegenseitig einen fördernden Einfluss auf ihre Lebensverrichtungen ausüben.

Aus den Versuchen von Berthelot geht hervor, dass in dem cultivirten Ackerboden, gleichgültig, ob er mit Pflanzen bestanden ist oder nicht, unter günstigen Umständen eine bemerkenswerthe Anreicherung von Stickstoff in einer durch Regen nicht auswaschbaren Form stattfindet, die er der Thätigkeit der in dem Boden vorhandenen Bacterien zuschreibt, und Frank beobachtete in der neuesten Zeit eine Vermehrung des Stickstoffs im Boden, die von der Lebensthätigkeit von Algen und Moosen herzuleiten ist.

Es liegt nahe genug zu fragen, ob nicht diese beiden Erfahrungen an sich schon vollständig genügen, die in unseren Versuchen beobachtete Stickstoffaufnahme zu erklären.

Wir glauben diese Frage aus folgenden Gründen bestimmt verneinen zu können.

Wenn man annehmen will, dass die bemerkten Erscheinungen lediglich auf der Ueberführung von freiem atmosphärischem Stickstoff in assimilirbare Verbindungen durch im Boden vorhandene Mikroorganismen ohne jede Beziehung zu den auf letzterem vegetirenden Pflanzen beruhte, so wird es schwer sein zu sagen, warum z. B. die Erbsen die so gebotene Nahrungsquelle vortrefflich auszunutzen verstehen, während die gleich lang vegetirenden Gerste, Hafer, Buchweizen etc. entweder gar keinen oder nur den allerbescheidensten Gebrauch davon zu machen vermögen; und noch schwieriger wird es sein zu erklären, warum in unseren Versuchen durch Zugabe einer geringen Menge des aus unserem Rübenboden gewonnenen Aufgusses das Gedeihen der Lupinen und Serradella niemals in irgend bemerklichem Grade, das der Erbsen aber sicher und bis zur vollen normalen Entwicklung gefördert wurde.

Es bliebe ja vielleicht übrig zu behaupten, dass die verschiedenen Arten der niederen Pilze den freien Stickstoff der Luft auch in verschiedene Verbindungen überführten, und dass diese verschiedenen Formen des gebundenen Stickstoffs für die verschiedenen Arten der höher organisirten Pflanzen ungleich assimilirbar seien. Aber eine solche Behauptung würde unseres Wissens durch keine bekannte Thatsache gestützt und in unseren eigenen Beobachtungen konnten wir eine Bestätigung derselben nirgends finden.

Und ganz unerklärlich würden nach unserem Bedünken die von uns nicht einmal, sondern häufig gemachten Beobachtungen bleiben, dass von mehreren Individuen ein und derselben Pflanzenart, z. B. der Erbse, die in ein und demselben Culturgefässe zusammenstehen, die sämmtlich gut gekeimt, so lange die Reservestoffe des Samens reichten, normal und durchaus gleichmässig gewachsen, und dann sämmtlich gleichzeitig in den Hungerzustand übergetreten sind, oft heute nur die eine, vielleicht Wochen später erst eine andere, eine dritte aber überhaupt niemals, sich plötzlich erholt und mit einem Male auffallend energisch vorwärts wächst, — und dass diese Ungleichheit in der Entwicklung durch die Zugabe einer geringen Menge Bodenaufguss sofort aufgehoben werden kann.

Alle diese Erscheinungen bieten nichts Befremdliches, wenn man annimmt, dass die höher organisirte Pflanze selbst in eine nähere Beziehung zu den stickstoffsammelnden Mikroorganismen tritt, und dass ein fördernder Einfluss derselben unbedingt nöthig ist, wenn die letzteren ihre volle Wirksamkeit ausüben sollen.

Es ist vielleicht nicht überflüssig, ausdrücklich zu bemerken, dass wir hiermit die Fähigkeit der Bacterien etc. an sich, den freien Stickstoff der Luft zu binden und zu assimiliren, weder anzweifeln noch verkennen wollen. Wir behaupten nur, dass der Stickstoffgewinn der Leguminosen in unserem Falle aus dieser Quelle nicht zu erklären war, und wir werden wohl Gelegenheit finden, ein anderes Mal über Versuche zu berichten, in denen wir sahen, wie Serradella und Lupinen trotz des ungehinderten Zutritts von Bacterienkeimen zum Boden und trotz reichlicher Gegenwart von den durch Frank bezeichneten Algen und Moosen an Stickstoffhunger zu Grunde gingen und von dieser Nahrungsquelle entweder gar keinen, oder nur den minimalsten Gewinn zu ziehen vermochten.

Da wir unsere Versuche sämmtlich in gläsernen Culturgefässen machten, so konnte das Auftreten der grüngefärbten Kryptogamen von uns nicht wohl unbemerkt bleiben und es dürfte hier der geeignetste Ort sein, auf einen Punkt zu kommen, dessen nähere Erörterung ich noch schuldig bin.

Bei der Beschreibung unserer Culturversuche aus dem Jahre 1877 haben wir darauf aufmerksam gemacht, dass einzelne Nummern der Erbsenreihe mit Widersprüchen behaftet und offenbar misslungen waren, indem z. B. die Pflanzen einer Controllenummer (No. 363) trotzdem, dass sie in sterilisirtem Boden standen und weder einen Zusatz von Stickstoff noch Bodenaufguss erhalten hatten, sich, wenn auch spät, aus ihrer Hungerperiode aufrafften, bis zu einer obwohl mässigen Grösse entwickelten und eine nicht zu vernachlässigende Quantität Stickstoff assimilirten, — und die Pflanzen der beiden Controllenummern 345 und 347, denen ein Zusatz von Nitraten aber kein Bodenaufguss gegeben war, wohl anfangs in Uebereinstimmung mit den übrigen vegetirten, später aber noch einmal zu treiben begannen und in der Ernte im Gegensatz zu diesen einen Stickstoffgewinn aufwiesen.

Wir hatten dabei als Erklärung hierfür das theilweise Misslingen der Sterilisirung angesprochen und gleich hinzugefügt, dass unsere parallelen Versuchsreihen mit Serradella, bezüglich Lupinen, von ähnlichen Widersprüchen vollständig frei geblieben waren.

Ueber unsere Sterilisirungsmethode haben wir uns von anfang an keinen falschen Illusionen hingegeben. War es sehr wohl möglich durch correcte Befolgung aller Vorsichtsmassregeln unsere Culturen bei Beginn der Versuche vollständig sterilisirt aufzustellen, so konnten wir doch nicht darüber zweifelhaft sein, dass das blose Bedecken mit sterilisirter Watte, welches noch dazu bei einzelnen Pflanzenarten wegen des eigenthümlichen Baus derselben nur schwierig und mangelhaft auszuführen war, nur ein recht unvollkommenes Mittel sei, den Boden eine ganze Vegetationszeit hindurch auch sterilisirt zu erhalten. Und wären wir

zweifelhaft darüber gewesen, so würde uns gerade das Auftreten der grünen Algen frühzeitig genug des Besseren belehrt haben.

Gewiss, die vollkommene Sterilisirung eines Vegetationsversuches vom Aufgehen bis zur Ernte ist nur möglich im vollständig geschlossenen Raume unter Glocken, und wenn wir nicht zur Benutzung derselben bei unsern Arbeiten übergegangen sind, so bewog uns dazu nur einerseits die vielfache eigene Erfahrung, dass es ungemein schwierig, vielleicht unmöglich ist, eine Pflanze unter diesen Verhältnissen zu einer wirklich normalen Vegetation vom Keimen bis zur Fruchtreife zu bringen, und andrerseits die Hoffnung, auch brauchbare Resultate zu erhalten, wenn es uns nur gelingen würde, den zufälligen Zutritt von Mikroorganismen-Keimen in der Hauptsache und bis zu einer weiter vorgeschrittenen Entwickelung der Versuchspflanzen aufzuhalten.

Beides ist uns, wie wir glauben gelungen und wir finden in den angeführten Widersprüchen in den Erbsenversuchen nicht nur nichts Beängstigendes, sondern meinen sogar, in ihnen eine Bestätigung unserer im Eingange dieses Abschnittes aufgestellten Behauptungen zu sehen.

Das Auftreten der Algen und Moose charakterisirte sich bei unseren Versuchen in der folgenden Weise:

In den nicht sterilisirten und nicht mit Watte bedeckten Gefässen, (insbesondere aber in denen, welche einen Bodenaufguss erhalten hatten), erschien immer schon nach verhältnissmässig kurzer Zeit eine Vegetation grün gefärbter Kryptogamen nicht nur auf der Bodenoberfläche sondern auch in dem Raume zwischen Boden und der inneren Wand des Glasgefässes, die soweit das Licht die Gefässe traf d. h. unter Umständen bis zum Grunde der letzteren hinabreichte. Dass dadurch eine sichtbare Aenderung der phanerogamen Pflanzen nicht bewirkt wurde, und dass dieselben, wenn dem Boden kein Nitrat beigegeben war, trotzdem ohne bemerkenswerthe Produktion und Stickstoffassimilation zu Grunde gingen, ist schon gesagt.

Die sterilisirten und mit Watte bedeckten Gefässe hielten sich von einer solchen Vegetation wochen- resp. monatelang gänzlich frei, nach längerer Vegetationsdauer aber machten sich hie und da auf der Oberfläche bisweilen selbst an tiefer gelegenen Stellen der Seitenwand des Gefässes vereinzelte Algenkolonien bemerklich, die sich mit der Zeit auch weiter verbreiteten. Dass in diesem Falle mit den Algen zugleich auch Keime von Pilzen etc. zugeflogen sein konnten und in der That zugeflogen waren, ist selbstverständlich. Einen Einfluss dieser nachträglichen Einführung auf das Wachsthum der Leguminosen haben wir bei den Lupinen und der Serradella in den Jahren 1886 und 1887 nirgend, wohl aber bei den Erbsen bemerkt, und zwar äusserte sich derselbe derart, dass die Erbsen plötzlich begannen Seitenzweige zu treiben, die lebhaft

wuchsen, Blüthen wie Früchte produzirten zu einer Zeit, wo die älteren Früchte und Zweige oft schon reiften, und so die Ernte in abnormer Weise verzögerten.

Man wird unwillkürlich sich bewogen fühlen, zwischen dieser Erscheinung und den beiden anderen öfter erwähnten Beobachtungen, dass die Erbsen in einem stickstofflosen und nicht durch Bedeckung geschützten Boden eine sehr ungleiche Entwicklung und häufig ein vortreffliches mit lebhafter Stickstoffassimilation verbundenes Wachsthum zeigten, und dass andererseits ein Aufguss von den Rübenböden unserer Umgebung auf die Entwicklung der Erbsen einen sehr auffälligen Einfluss ausübte, bei Lupinen und Serradella aber sich völlig wirkungslos erwies, einen inneren Zusammenhang zu finden.

In der That erblicken wir in den drei Erscheinungen nur die Wirkung einer einzigen Ursache und glauben uns dieselben am einfachsten wie folgt erklären zu können:

Wenn es wahr ist, worauf alle unsere Versuche mit grosser Uebereinstimmung hinweisen, dass das Gedeihen der Leguminosen in stickstofflosem oder stickstoffarmem Boden auf eine Symbiose mit bestimmten Arten von niederen Pilzen zurückzuführen ist, so wird es keine Schwierigkeiten haben, anzunehmen, dass diese verschiedenen Arten, wenn ihre Verbreitung im Culturboden auch gewiss eine ganz allgemeine ist, in verschiedenen Bodenarten doch in ungleicher Menge auftreten, und dass z. B. diejenigen Organismen, welche mit der Lupine und Serradella in näherer Beziehung stehen, in dem hiesigen von uns zu den Aufgüssen benutzten Lehmmergelboden sehr spärlich, in dem von auswärts bezogenen Sandboden aber sehr reichlich vorkamen, — nicht weil dieser ein Sandboden und jener ein Lehmboden war, sondern einfach deshalb, weil wir den Sandboden von einem gut mit Lupinen bestandenen Felde, den Lehmboden aber von einem Rübenacker genommen hatten, welcher noch niemals Lupinen oder Serradella (so zu sagen die Nährpflanzen der betreffenden Pilze) getragen hatte.

Unter dieser, wie uns dünkt, nahe genug liegenden Annahme erscheint es so einfach wie klar, warum eine geringe Menge Aufguss von Sandboden, nicht aber von Lehmboden die Lupinen und Serradella zu einer normalen Entwicklung in unserem Sande befähigen konnte, — warum bei unseren im Freien und in einer Umgebung, in welcher neben den Kleearten die Erbse die einzige häufiger angebaute Leguminose ist, angestellten Versuchen gerade die Erbsen in den nicht bedeckten Gefässen häufig auch ohne Bodenaufguss eine gute Entwicklung und bedeutende Stickstoffassimilation zeigten, und — warum es uns gelang, die Gefässe mit Serradella und Lupinen, nicht aber die mit Erbsen auch mittelst eines unvollkommenen Verfahrens im Sinne der angestellten Versuche sterilisirt zu erhalten.

14.

In den von mir bei Gelegenheit der 59. Versammlung deutscher Naturforscher gemachten Mittheilungen hatte ich endlich noch angedeutet, dass nach unserer Anschauung „die sogenannten Leguminosenknöllchen mit der Stickstoffaufnahme in directer Beziehung stehen".

Dieser Ausspruch ist von verschiedener Seite angegriffen und es ist uns vorgeworfen worden, dass wir dabei ohne Rücksichtnahme auf bekannte Thatsachen Ursache und Wirkung verwechseln. Es erscheint mir deshalb geboten, in Kürze noch die Gründe darzulegen, die uns zu dieser Auffassung bestimmten, und zu versuchen, ob sich dieselbe rechtfertigen lässt.

Die Leguminosenknöllchen sind bereits vielfach studirt, fast darf man sagen, dass sie schon eine eigene Literatur haben, aber eine endgiltige Deutung dieser räthselhaften Bildungen ist bis jetzt noch nicht gewonnen.

Die in den Zellen des inneren Parenchyms der Wurzelknöllchen sich befindenden eigenthümlichen kleinen Körperchen sind lange unbestritten als Spaltpilze betrachtet worden; später haben sie Brunchorst, Tschirch und Frank als „in das Leben der Pflanze selbst hineingehörende Eiweisskörper" aufgefasst; und in der neuesten Zeit haben Lundstroem und Marshall Ward die echte Pilznatur derselben wiederum behauptet.[1])

Ist somit über das Wesen der Knöllchen in der Fachbotanik eine Einstimmigkeit noch nicht erzielt, so gehen die Meinungen über die Function derselben nicht minder weit auseinander.

Nachdem die Knöllchen längere Zeit hindurch als pathogene Bildungen, als Gallen angesehen worden sind, hat nach und nach die Anschauung immer mehr Verbreitung gewonnen, dass sie normale, in den Haushalt der Pflanze hineingehörende Gebilde seien.

So bezeichnet sie Nobbe [2]) als „Organe für die Aufspeicherung stickstoffhaltiger Nahrungsstoffe". De Vries [3]) sucht ihren Hauptzweck in der Aufnahme äusserst geringer Spuren anorganischer stickstoffhaltiger Nährstoffe und der Verarbeitung derselben zu organischen Bildungsstoffen. Schindler [4]) nimmt an, dass dieselben „in Beziehung zu der Stickstoff-

[1]) Anmerkung. Ebenso auch — wie mir erst in dem Augenblicke, in welchem ich den Druck dieser Stelle corrigire, bekannt wird — Vuillemin und Prażmowski.

[2]) Die landw. Versuchsstationen. Bd. X, S. 98.

[3]) Landw. Jahrbücher. Bd. VI. S. 935.

[4]) Botan. Centralblatt Bd. XVIII. S. 84 pp. und Journal. f. Landwirthschaft, Jahrg. XXXIII. S. 334.

aufnahme der Leguminosen stehen und somit Theil haben an der hochwichtigen und ihrem Wesen nach noch unaufgeklärten Rolle, welche die sog. Stickstoffsammler in der Fruchtfolge spielen". Brunchorst [1]) kommt zu dem Resultate, dass „die Knöllchen normale Organe der Leguminosen sind, welche für die Ernährung Bedeutung haben, und dass die Bacteroiden normale Gebilde des Zellplasmas sind, durch welche die Function der Knöllchen vermittelt werden, indem sie etwa nach Art eines aus wirklichen Organismen gebildeten, sogenannten organisirten Fermentes, thätig sind"; und zwar hält er es für wahrscheinlich, dass die Leguminosen in den Knöllchen Organe hätten, welche ihnen, mehr wie anderen Pflanzen, die Fähigkeit gäben, irgend welche stickstoffhaltigen organischen Stoffe des Bodens zu verwerthen, — während er geneigt ist, die in den organische Stoffe bloss spurenweise oder gar nicht enthaltenden Nährlösungen auftretenden Knöllchen als functionslos anzusehen. Tschirch [2]) fasst die Knöllchen als „vorübergehende Reservespeicher" auf und glaubt, dass die Pflanze in übergrosser Vorsorglichkeit auch einmal etwas mehr Vorrathsmaterial in denselben aufhäuft, als wie sie braucht. Frank [3]) bezeichnet sie als „Vorrathsorgane aus dem Boden aufgesammelten stickstoffhaltigen Materiales" und schliesst, dass dieselben für die Stickstoffernährung der Pflanze keine unentbehrliche Rolle spielen können.

Die eine Hälfte der Autoren sieht also die Knöllchen als Aufspeicherungs-, die andere Hälfte als Assimilations-Organe an; oder mit anderen Worten, die eine Hälfte betrachtet die Knöllchenbildung bei den Leguminosen als Folge, die andere als mitwirkende Ursache des Wachsthums der Pflanzen.

Sicher ist es Sache der Fachbotaniker allein die Frage nach dem wirklichen Wesen des Knöllchen-Inhalts, — ob Pilz oder nicht, resp. welcher Pilz — endgültig zu entscheiden.

Aber bei unseren Versuchen konnten wir es nicht vermeiden, an der grossen Anzahl von Leguminosen-Pflanzen, die unter den verschiedensten Culturbedingungen gewachsen, durch unsere Hände gingen, Erfahrungen zu sammeln, die uns im Verein mit den von anderen Seiten bekannt gegebenen Beobachtungen befähigten, uns über das Auftreten und die Function der Knöllchen eine selbständige Ansicht zu bilden. Es wird erlaubt sein, das, was wir selbst zu sehen Gelegenheit hatten, kurz anzuführen:

Das Auftreten der Knöllchen ist ein anderes in einem sterilisirten

[1]) Ber. d. Deutschen botan. Gesellsch. Jahrg. III. S. 256. 257.

[2]) Ebenda, Jahrg. V. S. 89.

[3]) Deutsche landw. Presse, Jahrgang XIII. S. 630 und Landw. Jahrbücher Bd. XVII. S. 517.

und einem nicht sterilisirten, und ist ein anderes in einem stickstoffhaltigen und einem stickstofflosen Boden. Halten wir diese Fälle, wie unbedingt nothwendig ist, gebührend auseinander, so fanden wir:

1. In unserem sterilisirten und sterilisirt erhaltenen, stickstofflosen (oder nahezu stickstofflosen) Sande zeigten sich die angebauten Leguminosen ausnahmslos ohne Wurzelknöllchen, aber die Pflanzen wuchsen unter diesem Verhältniss überhaupt auch nicht und assimilirten keinen oder nur minimale Mengen Stickstoff.
2. In nicht sterilisirtem, stickstofflosem Boden konnte an den Leguminosenwurzeln in der Regel das Auftreten von zahlreichen wohl ausgebildeten Knöllchen beobachtet werden, aber damit ging auch zugleich Hand in Hand ein lebhaftes Wachsthum der Pflanzen und eine energische Stickstoffassimilation.
3. In sterilisirtem, stickstoffhaltigem Boden (Zusatz von Nitraten) wuchsen die Pflanzen, aber an dem wohl ausgebildeten Wurzelnetz war kein einziges Knötchen zu entdecken und ein Stickstoffgewinn während der Vegetation war nicht nachzuweisen.
4. In nicht sterilisirtem, stickstoffhaltigem Boden fand mehr oder weniger reiche Knöllchenbildung neben vortrefflichem Pflanzenwachsthum und Stickstoffgewinn statt.

Wir beschränken uns darauf, als Beispiel den Befund zur Zeit der Ernte bei unseren Serradella-Culturen im Jahre 1887 specieller wiederzugeben:

Versuchs-No.	hatte erhalten als Nitrat N	lieferte Trockensubstanz ganze Pflanze	Stickstoffgewinn während der Vegetation	und hatte Wurzelknöllchen gebildet:
	g	g	g	
a) in sterilisirtem Sande ohne Stickstoffzusatz:				
242.	—	0,092	+ 0,000	keine
243.	—	0,063	+ 0,000	keine
246.	—	0,084	+ 0,000	keine
247.	—	0,109	+ 0,000	keine
266.	—	0,135	+ 0,000	keine
267.	—	0,092	+ 0,000	keine
b) in mit Bodenaufguss versehenem Sande ohne Stickstoffzusatz:				
244.	—	16,864	+ 0,348	zahlreiche grosse und kleine, alte und junge Knöllchen an den Wurzeln aller Ordnungen, besonders grosse an den Hauptwurzeln, viele davon schon entleert;

Versuchs-No.	hatte erhalten als Nitrat N	lieferte Trockensubstanz ganze Pflanze	Stickstoffgewinn während der Vegetation	und hatte Wurzelknöllchen gebildet:
	g	g	g	
245.	—	18,190	+ 0,395	Knöllchen wie bei No. 244, vielleicht noch etwas zahlreicher und kräftiger;
248.	—	11,686	+ 0,352	zahlreiche Knöllchen; etwas mehr ältere als junge;
249.	—	16,411	+ 0,443	wie bei vorhergehender Nummer;
250.	—	12,530	+ 0,249	desgl.
251.	—	9,409	+ 0,202	desgl.
268.	—	17,370	+ 0,386	viele grosse Knöllchen, meist noch fest und nicht entleert, an den Wurzeln niederer Ordnung zahlreiche junge;
269.	—	13,491	+ 0,287	ähnlich wie bei vorhergender Nummer;
		eine Ausnahme von der Regel machten:		
252.	—	0,075	± 0,000	keine
253.	—	0,055	± 0,000	keine
	c) in sterilisirtem Boden mit Zusatz von Nitraten:			
262.	0,007	0,209	— 0,005	keine
263.	0,007	0,272	— 0,004	keine
264.	0,007	0,316	+ 0,000	keine
265.	0,007	0,297	+ 0,000	keine
254.	0,056	2,838	— 0,028	keine
255.	0,056	2,927	— 0,027	keine
256.	0,112	6.223	— 0,042	keine
257.	0,112	6.858	— 0.042	keine
270.	0.112	6.077	— 0.042	keine
271.	0,112	6.837	— 0,046	keine
	d) in mit Bodenaufguss versehenem Boden mit Zusatz von Nitraten:			
258.	0,056	11.936	+ 0,127	zahlreiche Knöllchen, viele davon schon älter und ein Theil derselben bereits entleert;
259.	0,056	15,324	+ 0,191	ähnlich wie bei vorhergehender Nummer aber weniger alte Knöllchen;
260.	0.112	11.037	+ 0.064	ältere Knöllchen ziemlich zahlreich, aber fast alle noch fest, nur zwei oder drei beginnen weich zu werden, dagegen finden sich eine grosse Menge ganz kleiner Knöllchen an den jüngeren Nebenwurzeln;
261.	0,112	17,077	+ 0,205	Verhältnisse in jeder Beziehung denen der vorigen Nummer ähnlich.

Diese Befunde bestätigen zunächst, was das Auftreten der Leguminosen-Knöllchen betrifft, allerdings meist solche Beobachtungen, die schon von anderen Autoren mitgetheilt sind, wenigstens finde ich zwischen ihnen und diesen nirgends einen principiellen Widerspruch, aber sie gestatten ausserdem, was jene meist nicht thun, in jedem Falle neben dem Auftreten der Knöllchen das Verhalten der Pflanzen bezüglich der Stickstoffaufnahme in Betracht zu ziehen, und erlauben deshalb, wie uns dünkt, weiter zu schliessen.

Ueberblicke ich die vorstehende Tabelle, so finde ich in derselben nichts, was der Annahme, dass die Knöllchen nur Reservespeicher stickstoffhaltiger Nährstoffe seien, besonders günstig wäre.

Die Annahme gründet sich hauptsächlich darauf, dass der stickstoffhaltige Zellinhalt derselben zur Zeit der Blüthe und Fruchtbildung der Pflanze entleert wird, — aber dieses Schicksal theilen mit ihnen auch mehr oder weniger die Blätter und Wurzeln, die man in gewissem Sinne zwar auch als vorübergehende Speicherorgane ansehen kann, in der Hauptsache aber doch zweifellos als Assimilationsorgane betrachten muss, — und darauf, dass die Knöllchen am zahlreichsten und regelmässigsten in stickstofflosem oder stickstoffarmem Boden auftreten, in stickstoffreichem aber sich schwächer entwickeln, öfter auch ganz fehlen.

Ich muss gestehen, dass es mir allezeit schwer geworden ist, zu denken, dass eine Pflanze gerade den Nährstoff, an dem sie Mangel leidet, erst in Reservekammern niederlegt, ehe sie ihn direct verbraucht, — noch schwerer aber, dass sie dies unterlassen soll, wenn ihr dieser Nährstoff reichlich zur Verfügung steht, — und nur dann thun, wenn sie so zu sagen fühlt, dass sie einen grösseren Vorrath davon gegen Ende ihrer Vegetationszeit noch einmal nothwendig gebrauchen könnte, ja dass sie sogar in dieser Voraussicht gelegentlich einmal des Guten zu viel oder mindestens etwas Unnöthiges leisten könne.

Jedenfalls zeigt sich in unseren vorstehenden Beobachtungen keine Spur von dieser Voraussicht.

Wir fragen zunächst: warum hatten die beiden Nummern 252, und 253, kein einziges Wurzelknöllchen gebildet, während die Nummern 244 und 245, 248—251 und 268, an den Wurzeln aller Ordnungen reichlich mit denselben besetzt waren? Die beiden ersteren Nummern standen in demselben stickstofflosen Boden, wie die sieben letzteren, alle hatten dieselbe stickstofflose Nährstoffmischung und die gleiche Menge Bodenaufguss erhalten, für alle lag also genau der gleiche Grund vor, sich für die Periode ihrer Fruchtbildung den nothwendigen Vorrath von Stickstoffnahrung aufzuspeichern — der einzige Unterschied war, dass der Bodenaufguss für die Nummern 252 und 253, von einem Lehmboden, der für die übrigen Nummern aber von einem Sandboden bereitet war.

Auf diese Frage könnte man antworten: Die Nummern 252 und 253 wuchsen überhaupt nicht und deshalb hatten sie gar nicht die Möglichkeit, einen Vorrath anzusammeln.

Es sei dem vorläufig, aber wir fragen dann weiter: warum hatte sich gleichfalls in den Nummern 262—265, 254 - 257 und 270—271 kein einziges Knöllchen gebildet, während die Nummern 258—261 dieselben zahlreich und wohlausgebildet entwickelt hatten?

Sämmtliche Nummern standen in einem Boden, dem eine gewisse Menge Nitrate einverleibt waren, in den Nummern 254—257 (resp. 270 bis 271) einerseits und den Nummern 258—261 andererseits waren sämmtliche Culturbedingungen, auch der Stickstoffgehalt des Bodens absolut gleich, der einzige Unterschied zwischen ihnen bestand darin, dass die letzteren eine Beigabe von Bodenaufguss, die ersteren aber eine solche nicht erhalten hatten.

Hier wuchsen die Pflanzen mehr oder minder lange Zeit, brachten es theilweise sogar zu einer ganz anständigen Produktion und hatten demnach vollkommen Zeit und Gelegenheit, sich Reservespeicher nach Belieben und Bedarf anzulegen. Anderseits aber fehlte ihnen auch keineswegs die ernstliche Veranlassung dazu, denn der Boden, in dem sie standen, war allerdings nicht stickstofflos, aber entschieden stickstoffarm, — man überlege:

auf 4000 g Sand war gegeben in Form von Nitraten:

den Nummern	Stickstoff	
	g	d. i. = pro Mille des Sandes
262—265.	0,007	0,0018
254—255. 258—259.	0,056	0,014
256—257. 270—271. 259—260.	0,112	0,028

und die Serradellapflanzen fanden ohne Ausnahme von Anfang an einen relativen Stickstoffmangel in ihrer Nährlösung vor, der Art, dass dieselbe dem normalen Bedürfniss nicht genügen konnte.

Gewiss, die mitgetheilten Beobachtungen sprechen nicht für die Annahme, dass die Wurzelknöllchen lediglich normale Reservebehälter der Pflanze seien, welche die Bestimmung hätten, stickstoffhaltige Nährstoffe für die Zwecke der Fruchtbildung eine Zeit lang aufzuspeichern. Viel leichter sind dieselben mit der Ansicht zu vereinigen, dass die Knöllchen Assimilationsorgane der Pflanze sind. Jedenfalls lässt sich zunächst wie folgt schliessen:

a) Knöllchenbildung und Wachsthum der Pflanzen waren nicht unbedingt abhängig von einander. Die Pflanzen konnten normal wachsen, Blüthen und selbst Früchte erzeugen, ohne ein einziges Wurzelknöllchen anzusetzen. (Beweis No. 254—257.)

b) Die Knöllchenbildung zeigte keine Abhängigkeit von der Stickstoffassimilation der Pflanze im Allgemeinen. Die Pflanzen konnten die ihnen im Boden zur Verfügung stehenden Nitrate absorbiren und zu ihrem Nutzen verarbeiten, ohne Wurzelknöllchen so gut wie mit solchen. (No. 254—257 und 258—261.)

c) Knöllchenbildung fand überall, aber auch nur statt, wo unserem anfänglich sterilisirten Sande ein frischer Aufguss von cultivirtem Sandboden zugesetzt war. Sie unterblieb, wenn der Aufguss gekocht wurde, oder wenn man statt desselben einen Aufguss von einem anderen bestimmten Lehmboden nahm. (Beweis sämmtliche Versuche.) Nach den von mir in den vorhergehenden Abschnitten gemachten Auseinandersetzungen glaube ich den Satz auch so ausdrücken zu können: Die Knöllchenbildung war abhängig von der Gegenwart eines wirksamen organisirten Fermentes im Boden.

d) Die Knöllchenbildung war stets begleitet von einem Stickstoffgewinn der Pflanze während der Vegetation, der sich aus dem ursprünglichen Stickstoffgehalte des Bodens bei Beginn der Versuche nicht ableiten liess. Auch hierfür kann jede einzelne Nummer der Versuchsreihe als Beweis dienen; ein besonderes Interesse bieten aber wiederum die Nummern 254—257 einerseits und 258—261 andererseits. Alle acht standen in nitrathaltigem Boden und wuchsen anfänglich normal und eine Zeit lang ganz gleichmässig; aber die ersten vier hatten keinen Bodenaufguss erhalten, sie bildeten keine Wurzelknöllchen, hörten zu einer bestimmten Zeit zu wachsen auf, ihre Produktion erhielt sich in einer unverkennbaren Relation zu der Menge der im Boden vorhandenen Nitrate und ein Stickstoffgewinn aus anderen Quellen war in den Ernteprodukten derselben nicht zu constatiren. Das Wachsthum der letzteren vier Nummern dagegen, welche eine Gabe von Bodenaufguss erhalten hatten, dauerte länger und war energischer, sie hatten ohne Ausnahme Knöllchen gebildet, die Menge der von ihnen produzirten Trockensubstanz stand offenbar in keiner näheren Beziehung zum Nitratgehalt des Bodens und in derselben wurde bemerkenswerth mehr Stickstoff wiedergefunden, als jener geliefert haben konnte.

Herrscht bezüglich dieser Schlüsse in unseren eignen Versuchen eine volle und ausnahmslose Uebereinstimmung, so finden wir auch in den von anderen Autoren über das Auftreten der Knöllchen mitgetheilten

Beobachtungen nichts, was dieselben widerlegte, z. B. nicht in dem von Frank in den landwirthschaftlichen Jahrbüchern Bd. XVII, S. 516 pp. beschriebenen Versuche.

Frank füllte acht Culturgefässe mit einem humosen Gartenboden, dann wurde die Hälfte davon 5—6 Stunden lang im Dampfsterilisirungsapparate der Siedehitze ausgesetzt und schliesslich in alle je ein Lupinensame gesäet. Die Lupinen begannen in allen Gefässen zu wachsen, entwickelten sich aber in den sterilisirten sehr viel besser als in den vier nicht sterilisirten. Das Gesammterntegewicht der Pflanzen aus den ersteren betrug 55,0 g, aus den letzteren 15,5 g. Die Wurzeln der sterilisirten Culturen waren absolut knöllchenfrei, während in den nicht sterilisirten Gefässen sämmtliche Pflanzen mit Wurzelknöllchen von mehrfach ansehnlicher Grösse versehen waren.

Frank schliesst hieraus, dass der Besitz von Wurzelknöllchen für die Lupine zu einer vollständigen Entwicklung und normalen Körnerproduktion nicht nothwendig ist, dass also auch die Knöllchen für die Stickstoffernährung der Pflanze keine unenthehrliche Rolle spielen können und dass wir mithin nicht berechtigt seien, den Sitz des stickstoffanreichernden Vermögens der Leguminosen in den Wurzelknöllchen zu suchen.

Jedenfalls heisst dies aus einem solchen Versuche viel geschlossen, und man wird es verzeihlich finden, wenn wir nicht geneigt sind, uns dem Frank'schen Dictum ohne Weiteres zu fügen.

Ueber Natur und Gehalt des von ihm benutzten Bodens, sowie über die gesammten übrigen Versuchsbedingungen theilt Frank so gut wie nichts mit; er giebt aber wenigsten an, dass er mit einem „humosen Gartensandboden" gearbeitet habe, d. h. also mit einem unzweifelhaft stickstoffhaltigen Materiale.

Dass in einem stickstoffhaltigen Boden Lupinen ebenso wie auch andere Leguminosen zu wachsen vermögen, ohne Wurzelknöllchen zu bilden, ist, soviel mir bekannt, von Niemandem, und ist jedenfalls niemals von uns bestritten worden. Wir haben nur immer behauptet und behaupten noch, das Auftreten der Wurzelknöllchen bei den Leguminosen stehe in einem bestimmten, wenn auch bis jetzt noch nicht aufgeklärten Zusammenhange mit der Fähigkeit dieser Pflanzen, sich Stickstoff auch noch aus einer anderen Quelle als den Nitraten und den übrigen assimilirbaren Stickstoffverbindungen des Bodens aneignen zu können.

Die verhältnissmässig gute Entwicklung der knöllchenfreien Lupinen in den sterilisirten Gefässen steht also mit unseren Ansichten nicht in dem geringsten Widerspruche, — und ebensowenig beweist das Verhalten der Pflanzen in den nicht sterilisirten Gefässen etwas gegen uns.

Es ist wahr, die letzteren wuchsen nicht besser als die ersteren, trotzdem sie sämmtlich mit Wurzelknöllchen von mehrfach ansehnlicher Grösse versehen waren; aber — und das ist ebenso auffällig als bemerkenswerth — sie wuchsen nicht einmal ebensogut, sondern schlechter, sehr viel schlechter. Die Durchschnittsproduktion von 3,9 g für ein Gefäss von der Grösse, wie sie Frank benutzte (22 cm Höhe und 17 cm obere Weite) beweist, dass die Entwicklung der Pflanzen eine krüppelhafte geblieben war.

Was ist daraus zu schliessen? Doch wohl nur zweierlei: entweder, dass das Auftreten der Knöllchen direct und in hohem Grade schädigend auf das Wachsthum der Lupinen einwirkte oder dass der von Frank benutzte Versuchsboden an sich wegen unbekannter Ursachen ein normales Wachsthum der Lupine überhaupt nicht ermöglichte und diese hindernden Ursachen durch ein blosses Erhitzen des Bodens zu beseitigen waren.

Wieviel Wahrscheinlichkeit die letztere Annahme in dem vorliegenden Falle für sich habe, darauf wurde schon gelegentlich der 60. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Wiesbaden von Fleischer und Anderen aufmerksam gemacht, und Frank selbst schliesst sich derselben an.

Nun, dass Lupinen in einem Boden, der ihrem Gedeihen irgend ein unbekanntes Hinderniss entgegensetzt, auch dann nicht wachsen wollen oder können, wenn sie ihre Wurzeln mit Knöllchen besetzen, — auch das haben wir niemals bestritten, und niemals das Gegentheil davon behauptet.

Kurz, in dem Frank'schen Versuche vermag ich einen gelungenen Beweis gegen den Zusammenhang der Knöllchenbildung mit der Stickstoffaufnahme der Leguminosen nach unserer Auffassung und der stickstoffbereichernden Wirkung derselben im praktischen Sinne absolut nicht zu erblicken.

Und ebensowenig wird, wie mich dünkt, unsere Ansicht durch die mehrfach, so z. B. auch von Rautenberg und Kühn, gemachte Beobachtung widerlegt, dass in Wassercultur gezogene Leguminosen reichlich mit Wurzelknöllchen versehen waren und trotzdem keinen Stickstoffgewinn erzielten.

Der Besitz von normal entwickelten Assimilationsorganen bedingt allein noch nicht nothwendig ein gutes Wachsthum; wie eine junge Pflanze, auch wenn sie gut ausgebildete Wurzeln und Blätter trägt, noch wegen einer ganzen Menge ungünstig wirkender Ursachen verhungern kann, so sind auch eine Menge Ursachen denkbar, welche die Function der bestentwickelten Wurzelknöllchen zu verhindern vermögen und zwar gerade bei der Wassercultur.

Es ist unnöthig, erst des Weiteren zu erörtern, dass sich die in einer wässrigen Nährlösung untergetauchten Wurzelknöllchen in Bezug auf die Assimilation des Stickstoffs in unserem Sinne unter Verhältnissen befinden, die sehr wesentlich verschieden sind von denen, die ihnen ein gut durchlüfteter Boden bietet, und dass sie in dem ersteren Falle sehr viel ungünstiger situirt sind; ja es könnte vielmehr die Frage aufgeworfen werden, ob nicht die Wassercultur unter gewissen Bedingungen nothwendig die Knöllchen functionslos machen muss.

Glauben wir demnach an unserer Behauptung festhalten zu dürfen, dass die Function der Wurzelknöllchen in einem bestimmten Zusammenhange steht mit der Fähigkeit der Leguminosen, Stickstoff aus einer Quelle aufzunehmen, die mit dem Boden nichts zu thun hat, so fehlen uns auch eine Anzahl Gründe nicht für die weitere Behauptung, dass dieser Zusammenhang ein ursächlicher ist.

Es wird vielleicht genügen, eine einzige Beobachtung und ein Experiment anzuführen.

Schon von anderen Autoren ist darauf hingewiesen, dass die Bildung der Wurzelknöllchen bei den Leguminosen öfter in einem Entwicklungsstadium der Pflanze erfolgt, in welchem die Ablagerung von Reservestoffen noch nicht annehmbar erscheint, und wir fügen dem hinzu, dass, wie wir oft Gelegenheit hatten zu beobachten, die Bildung der Knöllchen auch in dem ausgesprochensten Hungerzustande der Pflanzen eintritt und dass erst der Knöllchenbildung eine weitere Entwicklung der Pflanze folgt.

Es wird erforderlich sein, näher zu erklären, was wir unter „Hungerzustand“ der Pflanze verstehen.

Bei Beschreibung eines Versuchs, in welcher sehr ausführlich auseinandergesetzt wird, dass die Lupine in der ersten Periode ihrer Vegetation ihre Thätigkeit hauptsächlich darauf concentrirt, die Wurzelorgane auszubilden, und währenddem ihren oberirdischen Theil nur langsam weiter fördert, bemerkt Frank: „Den Landwirthen ist dieser stockende Entwicklungsgang der gelben Lupine in der ersten achtwöchentlichen Frist nach der Keimung unter dem Namen „Hungerperiode“ bekannt.“*)

Obgleich mir nun bei meinem langjährigen Verkehre mit Landwirthen diese Bezeichnung in dem bezeichneten Sinne niemals aufgestossen ist, so will ich doch, um ein mögliches Missverständniss in diesen Kreisen möglichst zu vermeiden, ausdrücklich erklären, dass es diese allgemein bekannte, nicht nur bei der Lupine, sondern auch bei anderen Pflanzen vorkommende, ja bei allen landwirthschaftlichen Culturgewächsen in grösserem oder geringerem Grade auftretende und durchaus normale Erscheinung natürlich nicht ist, die wir als Hungerzustand bezeichnen.

*) Anmerkung. Landw. Jahrbücher. Bd. XVII., S. 544.

Was wir mit diesem Worte meinen, lässt sich sehr scharf und bestimmt wie folgt charakterisiren.

In dem Leben der unter günstigen Verhältnissen, in einem mit allen nothwendigen Nährstoffen gerade genügend versehenen Boden wachsenden Pflanze lassen sich ohne Zwang drei physiologisch verschiedene Perioden unterscheiden, die man Keim-, Wachsthums- und Reife-Periode benennen kann.

In der ersten Periode entwickelt die Pflanze soviel an ober- und unterirdischen Organen, als sie aus den ihr in dem Samen zur Verfügung stehenden Reserve-Nährstoffen zu bilden vermag; wie lange dieselbe dauert, hängt von Grösse und Gehalt der Samen ab.

In der zweiten Periode beginnt eine lebhafte Nährstoff-Assimilation von aussen und in Folge dessen flotteres Wachsthum aller Organe; jedes neu entstehende Blatt entwickelt sich grösser und kräftiger, als das vorhergehende; die Hauptmasse des ganzen Pflanzenkörpers wird in dieser Periode gebildet.

In der dritten Periode, in welcher die Fruchtorgane erscheinen, lässt die Assimilation von aussen allmälig nach und hört zuletzt ganz auf; die etwa noch neu gebildeten Blätter werden wieder kleiner, die älteren fangen an sich zu verfärben, ihr Zellinhalt wird allmälig resorbirt und den entstehenden Früchten zugeführt, zuletzt vertrocknen sie vollständig; die Pflanze reift.

Natürlich folgen die drei Perioden nicht unvermittelt auf einander, sondern gehen allmälig in einander über.

Stehen die Pflanzen in einem Boden, der nicht nur die nothwendigen Nährstoffe in genügender Menge, sondern einen ansehnlichen Ueberschuss davon enthält, so gestaltet sich das Verhalten derselben in der dritten Periode anders, die Assimilation von aussen dauert fort und die Resorption der in den Blättern, Stengeln, Blüthenorganen aufgehäuften Stoffe, ja man kann sagen, die ganze dritte Entwicklungsperiode der normal wachsenden Pflanze unterbleibt, die Pflanze wird überhaupt niemals reif. An einer unter solchen Verhältnissen vegetirenden Gerste kann man z. B. gleichzeitig bemerken, wie in den Aehren die Körner schön entwickelt, prall mit Stärke gefüllt und vollständig gelb gefärbt sind, während nicht nur sämmtliche Halme und Blätter, sondern auch die den anscheinend reifen Samen aufsitzenden Grannen saftig grün bleiben und am Grunde fortwährend junge Seitensprossen getrieben werden. (Versuchs-Nummern 15 und 16 im Jahre 1884. — Sogenannte Zweiwüchsigkeit der Sommerfrucht — mangelhafte Braugerste — Zuckerrüben mit schlechtem Quotienten.)

Enthält der Boden, in welchem eine Pflanze vegetirt, die Nährstoffe in ungenügender Quantität, so wird die zweite — die Assimilationsperiode

unnatürlich abgekürzt und die Menge der produzirten Pflanzenmasse bleibt unter der normalen Höhe.

Finden sich aber in dem Boden gar keine Nährstoffe vor, oder fehlt auch nur einer der nothwendigen Nährstoffe demselben gänzlich, so fällt die zweite Vegetationsperiode ganz aus und die dritte folgt unmittelbar auf die erste.

Das Leben einer in stickstofflosem, sterilisirtem und sterilisirt erhaltenem Boden stehenden Pflanze z. B. gestaltet sich demgemäss wie folgt:

Die Keimperiode bietet nichts abnormes und vollzieht sich genau so wie unter günstigen Bodenverhältnissen. Sobald aber die Reservestoffe des Samens verbraucht sind, tritt sichtlicher Stillstand im Wachsen ein. Nach einiger Zeit erleidet das Chlorophyll eingreifende Veränderung, die Blätter verfärben sich von den älteren nach den jüngeren aufsteigend und zwar in einer für jede Pflanzenart sehr charakteristischen Weise. So werden z. B. bei der Erbse Blätter, Blattstiele und Stengel gelb, bei der Serradella die Blattstiele carminroth und die Fiederblättchen gelb, bei der Lupine die Cotyledonen und die Blattstiele düster braunroth, die Fiederblättchen rothbraun-fleckig u. s w.; nur das oberste, jüngste Blatt erhält mehr oder minder gut seine grüne Farbe. Die Pflanze stirbt nicht vollständig ab, sondern treibt sogar von Zeit zu Zeit noch neue Organe, von denen aber jedesmal das neu entstandene erheblich kleiner ausfällt, als das vorher gebildete, und woher der Baustoff für dieselben stammt, documentirt sich deutlich dadurch, dass allemal, während das neue Organ hervortritt, eins oder zwei der ältesten Blätter ausgeschöpft werden und vertrocknen. Wie lange die Pflanzen diese Lebensweise aushalten und wie weit sie es dabei bringen, hängt von der Art und von der Beschaffenheit des Samens ab; manche leben nur Wochen, andere Monate und überhaupt ebenso lange, wie die normal vegetirenden Exemplare ihrer Art; manche vermögen nur einige Blättchen zu produziren, andere bringen es bis zur Bildung der Blüthe, ja selbst der Frucht. Natürlich ist das Endresultat nur ein wunderlicher Zwerg und es macht einen geradezu komischen Eindruck, eine blühende Hanfpflanze zu sehen, die mit zwirnsfadendickem Stengel und wenige Quadratmillimeter grossen Blätterchen Summa Summarum 3 bis 4 cm hoch ist, oder eine fruchttragende Rübsenpflanze, an der die gipfelständige steil in die Höhe stehende Miniatur-Schote grösser ist, als der ganze übrige Pflanzenkörper.

Dieser Zustand, in dem sich die Pflanze bei Ausfall der normalen Assimilationsperiode befindet, ist es, welchen wir als „Hungerzustand“, und wenn derselbe durch absoluten Mangel assimilirbarer Stickstoffverbindungen im Boden bedingt ist, als „Stickstoffhungerzustand“ bezeichnen.

Wir haben in unseren Versuchen gezeigt, dass die Zugabe einer geringen Menge Aufguss von einem Culturboden auf Cerealien, die in einem sterilisirten stickstofflosen Boden stehen, vollkommen wirkungslos bleibt, auf Leguminosen aber einen in hohem Grade günstigen Einfluss ausüben kann, und schon angedeutet, dass die Art, wie sich diese Wirkung äussert, manches Bemerkenswerthe bietet. Wir wollen jetzt diese Angaben noch durch einige weitere Zusätze vervollständigen:

Obgleich wir den Aufguss immer bei Beginn des Versuchs zugleich mit der Nährstofflösung also unmittelbar vor der Ansaat unserm Versuchsboden einverleibten, zeigte sich die Wirkung desselben doch niemals gleich im Anfange der Vegetation. Die Pflanzen traten vielmehr nach normaler Vollendung der Keimperiode ausnahmslos und genau in derselben Weise, wie die nicht mit Aufguss versehenen, in den oben geschilderten Hungerzustand über, d. h. es zeigte sich die beschriebene charakteristische Verfärbung der Organe und der ruckhafte Stillstand im Wachsthum. Von Art der Versuchspflanze, Beschaffenheit und Menge des gewählten Bodenaufgusses, Temperatur u. s. w. hing es ab, ob dieser Zustand nur tage- oder auch wochenlang währte*). In letzterem Falle folgte dann das Erscheinen der erwähnten Zwergbildungen und das gänzliche Absterben der älteren in der Keimperiode erworbenen Blätter.

Dann erst machte sich die Wirkung des Bodenaufgusses und zwar ebenfalls ziemlich unvermittelt und ruckweise in der Art geltend, dass zunächst alle verfärbte, noch nicht gänzlich vertrocknete Organe z. B. auch die Cotyledonen der Lupinen ihre natürliche chlorophyllgrüne Farbe wieder annahmen, und damit war das Signal zum Eintritt in die normale Assimilationsperiode gegeben. Rasch folgte jetzt die Neubildung von Blättern und zwar entfaltete sich jedes neue grösser und breiter als das vorhergehende, der sich streckende Stengel wurde nicht nur länger sondern zugleich ansehnlich dicker, bei manchen Pflanzenarten wurde ganz regelmässig der im Hungerzustande gebildete kümmerliche Hauptzweig ganz aufgegeben und statt dessen in irgend einer Blattachsel ein Seiten-

*) Anmerkung. Je grösser der Same einer Leguminosenart ist, je mehr derselbe Reservestoffe bieten kann und je länger sich in Folge dessen die Keimperiode hinzieht, desto später tritt natürlich der Hungerzustand ein und desto kürzere Zeit dauert derselbe. Ja er kann ziemlich unmerklich, resp. ganz vermieden werden, wenn man gleichzeitig grössere Mengen von einem recht energisch wirkenden Bodenaufgusse zusetzt. Ein Aufguss z. B., der von einem eben frisch vom Felde genommenen Boden bereitet ist, wirkt allezeit günstiger und rascher, als ein solcher, der von einer Erde gezogen wird, die längere Zeit gelegen hat, und es genügt, wie uns erst später zu erwähnende Versuche lehrten, einen Boden lufttrocken werden zu lassen, um die Wirkung seines Aufgusses bedeutend zu verzögern, resp. den letzteren ganz wirkungslos zu machen.

zweig getrieben, der gleich von Haus aus stärker ankam und dem rasch ein zweiter und dritter immer kräftiger ausfallend folgten. Dieser Umschlag aus dem Hungerzustand in die Wachsthumsperiode war durch das ganze Verhalten der Pflanze so scharf markirt, dass das geübte Auge seinen Eintritt auf den Tag festzustellen vermochte.

Für den uns vorliegenden Zweck ist nun die Thatsache wichtig, dass bei derartig situirten Pflanzen, wie wir häufig genug Gelegenheit hatten, uns zu überzeugen, die Bildung der Wurzelknöllchen in der Hungerperiode, d. h. vor Beginn der Assimilation und des Wachsthums, und bestimmt vor Eintritt des Wiederergrünens der verfärbten Organe erfolgt. Wir haben zahlreiche Exemplare von jungen Erbsen, Serradella und Lupinen in dieser Richtung untersucht und fanden ihre Wurzeln während der Keimperiode und in der ersten Zeit des Hungerzustandes stets knöllchenfrei, sobald aber eine Spur des Ergrünens sich zeigte, oder — wo der Hungerzustand länger anhielt in den späteren Stadien desselben noch vor dem Ergrünen ausnahmslos zum Theil mit schon wohl ausgebildeten Knöllchen besetzt.

Erblicken, wie gesagt, verschiedene Forscher in der frühzeitigen Entstehung der Wurzelknöllchen unter normalen Verhältnissen überhaupt schon einen Beweis gegen die Auffassung, dass diese Organe Reservebehälter seien, so ist es uns noch viel weniger denkbar, dass eine unter den geschilderten abnormen Verhältnissen vegetirende Pflanze, welche durch absoluten Mangel an Nährstoffen nicht nur verhindert ist, zu produziren, sondern um nur ihr Leben noch eine Weile weiter zu fristen, sich gezwungen sieht, ihre eigenen nothwendigsten Assimilationsorgane aufzuzehren, daran denken könnte, Reservestoffe für spätere Zeiten anzusammeln.

Und Aehnliches scheint uns folgender Versuch zu lehren:

Im Jahre 1887 wurde eine grössere Anzahl Erbsensamen in einer grossen Krystallisirschale in sterilisirten Sand, der nur mit destillirtem Wasser angefeuchtet war, ausgesäet, dann, nachdem sie einige Blätter entwickelt hatten, sorgsam ausgespült und davon diejenigen Exemplare ausgelesen, welche statt der Pfahlwurzel ein paar Nebenwurzeln kräftig getrieben hatten.

Es gelang, unter denselben vier Pflänzchen (No. 380 bis 383) zu finden, deren Wurzelwerk aus zwei annähernd gleich entwickelten, getrennten Systemen zweiter Ordnung bestanden. Diese wurden, nachdem noch einige wenige, an dem Stumpf der Pfahlwurzel sich zeigende Wurzelansätze zweiter Ordnung amputirt waren, in destillirtes, vorher ausgekochtes Wasser gebracht und, nachdem die Wurzeln dort die für unsere

Absicht erforderliche Länge erreicht hatten, je eine davon in einen Apparat von folgender einfacher Construction übergeführt.

Auf einem Brettchen wurden zwei Glascylinder (gewöhnliche Weissbiergläser) unmittelbar neben einander so befestigt, dass ihre oberen Ränder sich berührten und mit einer gemeinschaftlichen Zinkkappe bedeckt, die in der Mitte eine aufgelöthete offene Tülle trug.

In dieser Tülle wurde die Pflanze in gewohnter Weise mittelst durchbohrtem, halbirtem Kork und Watte und in solcher Stellung festgelegt, dass sie auf den sich berührenden Rändern der beiden Gläser ritt und die eine Hälfte ihres Wurzelsystems in das Glas A, die andere in das Glas B sandte.

Sämmtliche Gläserpaare wurden dann mit ein und derselben Nährlösung gefüllt, in welcher pro Liter enthalten waren:

0,363 g Kaliummonophosphat,
0,322 „ Kaliumcarbonat,
0,148 „ Calciumchlorid und
0,160 „ Magnesiumsulphat,

und allen eine Quantität Bodenaufguss beigegeben, welche von je 5 g Boden erhalten und in der früher beschriebenen Weise von einer Culturerde gewonnen war, die einem im Jahre 1886 mit Erbsen bebauten Gartenbeete der Versuchsstation entstammte. Nur das eine Glas A aber von jedem Paare erhielt den Bodenaufguss frisch; für das andere B dagegen wurde derselbe vorher erst $^1/_4$ Stunde über freiem Feuer und dann noch $4^1/_2$ Stunden lang im Dampf-Sterilisirungsapparate gekocht.

Die Anordnung des Versuchs war also derart, dass jede der vier Pflanzen mit der einen Hälfte ihrer Wurzeln in eine Nährlösung, welche lebendige Mikroorganismen enthielt, mit der anderen aber in eine sterilisirte Nährlösung von übrigens genau gleichem Gehalte und gleicher Beschaffenheit eintauchte.

Am 30. Juli erfolgte die Ueberführung der Pflanzen in die Nährlösung. Von Knöllchenbildung war zu dieser Zeit an den Wurzeln derselben noch nirgends eine Andeutung zu entdecken, aber alle 4 Exemplare befanden sich bereits in einem vorgerückten Stadium des Hungerzustandes und waren bis zum vorletzten Blatte vollständig verfärbt.

In den ersten neun Tagen des Versuchs war irgend welche auffällige Veränderung in der Vegetation nicht zu verzeichnen, nur die Wurzeln wuchsen langsam und in allen Gefässen gleichmässig weiter.

Vom 9. August an aber traten bei den Pflanzen No. 380, 381 und 382 Ansätze zu Wurzelknöllchen unverkennbar und deutlich hervor, sehr bemerkenswerther Weise jedoch nur an denjenigen Hälften der Wurzel-

systeme, welche in die mit frischem Bodenaufguss versehenen Gläser A. nirgends an denen, welche in die sterilisirte Nährlösung der Gläser B eintauchten.

Die weitere Entwicklung derselben liess nicht auf sich warten. Am 15. August waren sie bei der Pflanze No. 380 ungefähr ebenso zahlreich, wie bei einer unter normalen Verhältnissen im Boden wachsenden Erbse, hie und da perlschnurartig aneinander gedrängt und zum Theil schon zu ziemlichem Umfange herangewachsen. Die Pflanze No. 381 stand in jeder Beziehung nicht weit hinter der No. 380 zurück. Pflanze No. 382 erwies sich allerdings weniger eifrig, doch konnten an ihr 18 Wurzelknöllchen von etwa der Grösse eines Stecknadelknopfes gezählt werden. Pflanze No. 383 hatte es überhaupt nicht zur Knöllchenbildung gebracht und war währenddes gestorben.

Taf. IV zeigt die Anordnung des ganzen Versuchs und Taf. V die zum Photographiren zwischen 2 Glastafeln ausgebreiteten beiden Wurzelhälften der Pflanze No. 380, in dem Entwicklungszustande, den sie am 15. August erreicht hatten.

Der Versuch wurde zwar bis Ende August noch weiter geführt, ohne aber noch viel Bemerkenswerthes zu bieten. Auch bis dahin hatten die Pflanzen an der Wurzelhälfte, welche in die sterilisirten Gläser B tauchten keine Spur von Knöllchen gebildet. Oberirdisch brachten sie sämmtlich einige Ansätze zu Seitenzweigen, die aber bald ohne weitere Entwicklung verkümmerten.

Auf den Umstand, dass hier eine lebhaftere Assimilation und energisches Wachsthum der Pflanze nach erfolgter Knöllchenbildung nicht eintrat, glauben wir einen besonderen Werth nicht legen zu müssen, sondern dieselben Gründe dafür annehmen zu dürfen, die wir oben bei Erwähnung des Rautenberg-Kühn'schen Versuchs für die Functionslosigkeit der Wurzelknöllchen in wässriger Nährlösung geltend machten.

Dagegen scheint uns auch das Resultat dieses Versuchs sehr bestimmt gegen die Annahme zu sprechen, dass die Wurzelknöllchen nichts anderes seien, als gelegentliche Reservebehälter für Eiweissstoffe. Jedenfalls wüssten wir bei dieser Auffassung für das constante Auftreten der Knöllchenbildung allein an der einen Wurzelhälfte der Versuchspflanzen, welche in die nicht sterilisirte Nährlösung tauchte, und das ausnahmslose Ausbleiben derselben an der anderen Wurzelhälfte in der sterilisirten Lösung, die, wir wiederholen es, mit der ersteren chemisch absolut gleich zusammengesetzt war, — eine wahrscheinliche Erklärung nicht zu finden.

Diese Beobachtungen bieten uns, wie uns dünkt, genügende Veranlassung, noch so lange, bis wir eines Besseren belehrt werden, an der Annahme fest zu halten, dass die Wurzelknöllchen der Leguminosen

Assimilationsorgane der Pflanze sind, welche mit der Aufnahme des Stickstoffs, soweit derselbe nicht in auch anderen Pflanzenarten zugänglicher Form im Boden vorhanden ist, in einem ursächlichen, wenn auch bis heute noch nicht völlig erklärbaren Zusammenhange stehen.

15.

Es blieb noch übrig, näher zu erörtern, woher die von den Leguminosen aufgenommenen Stickstoffmengen stammten, und dabei konnte, da dieselben im Boden nicht gegeben waren, nur die Atmosphäre als einzige Quelle in Berücksichtigung kommen, in welcher der Stickstoff theils als freies Element, theils in der Verbindung mit Wasserstoff oder Sauerstoff vorhanden ist.

Die Menge, in welcher sich die letzteren Verbindungen in der Luft finden, ist freilich so gering, dass sich *a priori* vermuthen liess, es könne sich bei der vorliegenden Frage nur um eine Assimilation des freien elementaren Stickstoffs handeln, aber natürlich galt es, den experimentellen Beweis zu schaffen, und wir haben dies auf zweierlei Weise versucht:

Im Jahre 1886 wurde eine Schieferplatte, 160 cm lang, 60 cm breit, auf einen massiven Holzrahmen so montirt, dass sie das flache Dach eines kleinen Bretterhäuschens bildete, unter welchem ein Mann bequem hantiren konnte. In die Platte waren in Abständen von 21 zu 21 cm vier 13 cm weite runde Löcher eingebohrt und um ein jedes derselben auf der oberen Fläche der Platte concentrisch im Durchmesser von 25 cm eine ringförmige Rinne eingehauen, welche es ermöglichte, über jeder Durchbohrung eine 25 cm weite und 105 cm hohe Glasglocke aufzustellen und luftdicht festzukitten. Eine ähnliche aber nur 15 cm im Durchmesser habende Rinne an der unteren Fläche der Platte erlaubte es, unter die Durchbohrungen je eins unserer gewöhnlichen Culturgefässe fest gegenzustellen und mit dem oberen Rande ebenfalls luftdicht in die Platte einzukitten. Jedes Culturgefäss unten, bei dem das im Boden befindliche kleine Luftloch mit Kork und Lack verstopft wurde, bildete sonach mit der dazu gehörigen Glasglocke oben einen einzigen zusammenhängenden Raum, welcher hermetisch abgeschlossen war, und den sich darin entwickelnden Pflanzen eine freie Höhe zur Disposition stellte, wie wir sie ihnen nie hätten verschaffen können, wenn wir die Culturgefässe mit in den Glocken selbst aufgestellt hätten. Dieser Gewinn aber schien uns gross genug, um die allerdings etwas complicirte und in mancher Beziehung unbequeme Vorrichtung zu wählen.

Da die Glasglocken oben und die Culturgefässe unten ungleiche Durchmesser hatten, so wurde es noch möglich, mittelst dreier fernerer

Durchbohrungen je eine enge und zwei weite Gasleitungsröhren so durch die Schieferplatte zu bringen, dass dieselben oben innerhalb der Glocken endeten, unten aber neben den Culturgefässen frei zu Tage traten.

Die weiten Röhren, von denen die eine, die Zuführungsröhre, bis unter die Haube der Glocke reichte, die andere aber, die Abführungsröhre, hart über der Oberfläche der Schieferplatte mündete, wurden in folgender Weise mit einander zu einer zusammenhängenden durch sämmtliche Glocken gehenden Gasleitung vereinigt.

Die Zuführungsröhre der Glocke I wurde zunächst durch ein längeres Ansatzstück, welches bis durch die Wand des Bretterhäuschens reichte, mit der äusseren Luft in Verbindung gebracht, die Abführungsröhre derselben aber mit einer Batterie von Absorptionsgefässen verbunden, welche an bequemer Stelle unterhalb des ganzen Apparates aufgestellt war. An das andere Ende der Absorptions-Batterie wurde dann das Zuleitungsrohr der Glocke II und an das Ableitungsrohr der letzteren das Zuleitungsrohr der Glocke III angeschlossen. Auf dieselbe Weise wurde Glocke III mit Glocke IV verbunden und an das Abführungsrohr der Glocke IV endlich eine Körting'sche Wasserstrahlpumpe angefügt.

Man sieht, dass wenn der Apparat durch Einkitten der Culturgefässe geschlossen und die am Ende befindliche Luftpumpe in Thätigkeit gesetzt wurde, ein constanter Luftstrom denselben in der Art durchstreichen musste, dass die atmosphärische Luft unverändert in die Glocke I eintrat, von da durch die Absorptionsgefässe ihres gebundenen Stickstoffs beraubt nach Glocke II, aus dieser nach Glocke III und von da schliesslich nach Glocke IV gelangte.

Der ganzen Anordnung lag die leicht erkennbare Absicht zu Grunde, nicht nur mit einem einzigen Aspirator alle vier hintereinander liegende Glocken zugleich zu ventiliren, sondern insbesondere auch einerseits den einzelnen Glocken nur Luft von ursprünglich gleicher Beschaffenheit und in absolut gleicher Menge zuzuführen, andererseits aber die Luft nicht nur durch die absorbirenden Medien, sondern auch durch die gleichsinnig wirkende Assimilation der unter den ersten Glocken wachsenden Pflanzen selbst noch von den etwaigen letzten Spuren gebundenen Stickstoffs gänzlich und sicher zu reinigen.

Die dritten engen Röhren, welche von dieser Leitung unabhängig oben innerhalb der Glocken bis etwa zu zwei Drittel der Höhe der letzteren hinauf geführt waren, dienten zur Zuleitung der nöthigen Kohlensäure und waren unten mit je einem Kohlensäure-Entwicklungsapparate nebst dazu gehöriger Waschflasche verbunden. In die Leitung eingeschobene Glashähne und mit Wasser halb gefüllte Kölbchen, welche als Blasenzähler fungirten, ermöglichten es, die Menge der in die einzelnen Glocken eintretenden Kohlensäure in ausreichender Weise zu reguliren.

Das Gesagte wird genügen, um die äussere Einrichtung des Apparates verständlich zu machen.

Wenn die Wasserstrahlpumpe voll angestellt war, so zog sie, wie eine zwischen derselben und dem Abführungsrohr von Glocke IV eingeschaltete Gasuhr beobachten liess, sehr constant 8 Liter Luft per Minute, und erneuerte mithin unter den Glocken, deren Inhalt durchschnittlich 50 l betrug, die Luft ungefähr jede 6 Minuten einmal vollständig. Dieser rasche Luftwechsel war uns willkommen und wurde während der ganzen Versuchsdauer beibehalten, weil wir wenigstens anfangs gehofft hatten, mit Hülfe desselben einen Uebelstand, der sich bei der Anzucht von Pflanzen in kleinen geschlossenen Räumen bemerkbar macht, nämlich die abnorm hohe Dunstspannung zu vermeiden. (Beiläufig sei bemerkt, dass uns diese Hoffnung trog, denn als unsere Versuchspflanzen eine ansehnlichere Höhe erreicht hatten und energisch verdunsteten, floss, so oft greller Sonnenschein eintrat, an den Innenwänden der Glocken das Wasser in Strömen nieder.)

Die Absorptions-Batterie war so gross genommen, dass man selbst unter diesen Umständen noch eine volle Wirkung von derselben erwarten konnte. Dieselbe bestand aus zwei Standflaschen der umfangreichsten Sorte und vier hohen Absorptionsthürmen. Zur Füllung war 1 Ctr. Bimstein erforderlich, der für die ersten vier Gefässe mit verdünnter Schwefelsäure, für die letzten zwei mit einer Lösung von Natriumcarbonat getränkt worden war. Soweit dies möglich war festzustellen, blieb zwischen den lose eingebrachten Bimsteinbrocken noch ein leerer Raum von ca. 25 l übrig und war somit die durchstreichende Luft bei obiger Stromstärke immer etwa 3 Minuten lang mit den absorbirenden Flächen in Berührung.

Bezüglich der Kohlensäure-Zufuhr konnten wir nur willkührlich vorgehen. Natürlich musste die Luft auf ihrem Wege von Glocke zu Glocke durch den Verbrauch der Pflanzen stufenweise allmählig immer mehr an Kohlensäure erschöpft werden; in welchem Grade dies geschah, war aber nicht bekannt und mit der Entwicklung der Pflanzen wechselnd; nur soviel war sicher, dass die Pflanzen der letzten Glocken möglicherweise durch relativen Mangel an assimilirbaren Kohlenstoffverbindungen in ihrem Wachsthum geschädigt werden konnten und gegen diese Eventualität geschützt werden mussten.

Wir normirten den Gang der Kohlensäure so, dass während der Dauer des Versuchs

nach Glocke II. immer 2,5 ccm CO_2 per Minute,
" " III. " 2,0 " " " " " und
" " IV. " 1,5 " " " " " zuflossen.

Da vorauszusetzen war, dass die Pflanzen diese Kohlenstoffmengen niemals vollständig aufbrauchten, so ist es wahrscheinlich, dass bei diesem Verfahren der Kohlensäure-Gehalt der Luft unter den letzten beiden Glocken immer etwas grösser war, als unter den ersten beiden und auch etwas grösser als der der normalen Luft. Das brauchte uns aber nicht zu kümmern, da das Versuchsresultat im vorliegenden Falle nur durch einen Mangel an Kohlensäure, nicht aber durch einen mässigen Kohlensäure-Ueberschuss geschädigt werden konnte.

Die übrigen Specialitäten der Versuchsanstellung waren die folgenden:

Es war oben S. 88 pp. mitgetheilt, dass im Jahre 1886 unter anderen zehn Culturgefässe (No. 160—169) mit je 4 kg Sand gefüllt, mit der gewöhnlichen stickstofflosen Nährstoffmischung unter Zusatz eines Aufgusses von unserem Versuchsfeld-Boden versehen und am 25. Mai mit je 2 Erbsensamen besetzt worden waren, — sowie ferner, dass die Erbsen nach vortrefflichem Aufgange in der Mitte des Juni eine kurze Hungerperiode durchgemacht, sich aber bald erholt hatten und Ende Juni eine durchaus normale Entwicklung und frisches, fröhliches Wachsthum zeigten.

Von diesen zehn in seltener Weise gleichmässig bestandenen Gefässen wurden fünf und zwar die Nummern 162, 163, 164, 167 und 168 ausgewählt und am 2. Juli die Nummer 162 sofort geerntet, um die bis zu dieser Zeit produzirte Menge Trockensubstanz sowie deren Stickstoffgehalt festzustellen, die anderen vier Gefässe aber brachte man an den vorbeschriebenen Apparat, kittete sie fest und setzte die Luftpumpe nebst den Kohlensäure-Entwicklern in Thätigkeit.

Während des Juli wuchsen die Erbsen unter den neuen Verhältnissen ganz befriedigend weiter, erreichten allmälig die volle Höhe der Glocken d. h. mindestens die Länge von 1 $^1/_4$ Meter und blühten reichlich.

Ende des Monats aber wurden dieselben durch den Sonnenbrand einiger sehr heisser Tage erheblich geschädigt; die Blüthen fielen sämmtlich ab, einige schon angesetzte junge Schoten vertrockneten, die Blätter verschrumpften und selbst die Stengel litten und gingen an der Spitze zu Grunde.

Der Versuch die Pflanzen noch dadurch zu retten, dass man nachträglich einen Schleier über die Glocken anbrachte, hatte wenig Erfolg; die Erbsen trieben zwar wieder eine Anzahl von neuen Schossen, brachten es aber nicht wieder dahin, noch einmal normal zu vegetiren.

Am 1 September wurde deshalb geerntet.

Es ergaben:

Versuchs-Nummer	unter Glocke	Trockensubstanz in den oberirdischen Theilen	Trockensubstanz in den Wurzeln	Trockensubstanz zusammen
		g	g	g
163.	I.	13,590	3,375	16,965
164.	II.	14,600	3,475	18,075
167.	III.	19,100	3,925	23,025
168.	IV.	21,000	4,315	25,315

und darin wurden gefunden:

Versuchs-Nummer	unter Glocke	Stickstoff in den oberirdischen Theilen	Stickstoff in den Wurzeln	Stickstoff und demnach in der ganzen Pflanze
		%	%	%
163.	I.	2,57	3,23	2,70
164.	II.	2,23	2,18	2,22
167.	III.	2,18	3,12	2,34
168.	IV.	3,03	2,74	2,98

woraus sich berechnet:

Versuchs-Nummer	unter Glocke	Stickstoff in den oberirdischen Theilen	Stickstoff in den Wurzeln	Stickstoff in der ganzen Pflanze
		g	g	g
163.	I.	0,3492	0,1090	0,458
164.	II.	0,3256	0,0758	0,401
167.	III.	0,4164	0,1225	0,539
168.	IV.	0,6363	0,1182	0,755

Die beiden Pflanzen der Versuchsnummer 162, welche bei Beginn des Experiments am 2. Juli geerntet worden waren, hatten geliefert:

in den oberirdischen Theilen zusammen 2,073 g Trockensubstanz
in den Wurzeln „ 1,482 g „
d. i. in Sa. 3,555 g Trockensubstanz

und enthielten:

in den oberirdischen Theilen 3,43 % d. i. = 0,0711 g Stickstoff
in den Wurzeln 3,90 % d. i. = 0,0578 g „
also in Sa. 0,129 g Stickstoff.

Bei dem, wie wiederholt hervorgehoben, in höchstem Grade gleichmässigen Stande der ganzen Versuchsreihe wird es erlaubt sein, die gleichen Zahlen für den Gehalt der übrigen parallelen Nummern bei Be-

ginn des Versuchs zu setzen und demgemäss anzunehmen, dass vom 2. Juli bis 1. September producirt resp. assimilirt worden waren:

Von Versuchs-Nummer	unter Glocke	Trockensubstanz	Stickstoff
		g	g
163.	I.	13,410	0,329
164.	II.	14,520	0,272
167.	III.	19,470	0,410
168.	IV.	21,760	0,626
			Sa. 1.637

Allerdings ist der Versuch insofern nicht ganz nach Wunsch geglückt, als es nicht gelang, die Pflanzen bis zur Reife in normalem Wachsthume zu erhalten, aber er wird dadurch nicht nur nicht unbrauchbar, sondern scheint uns sogar auch in dieser Gestalt für die Annahme, dass es sich bei der hier constatirten Assimilation nur um den freien Stickstoff der Luft als Quelle handeln konnte, noch genügend beweiskräftig.

Nach den Angaben der Gasuhr waren während der Zeit vom 2. Juli bis 1. September im Ganzen 722 cbm Luft durch den Apparat gegangen und aus dieser Luft waren in Sa. 1,637 g Stickstoff von den Pflanzen aufgenommen worden, d. i. 2,27 mg Stickstoff aus 1 cbm Luft durchschnittlich. Erwägt man, dass das Aufsammeln der Ernteprodukte bei aller Sorgfalt doch niemals absolut verlustlos geschehen kann, dass diese Verluste in unserem Falle durch das vorzeitige Absterben einzelner Pflanzenorgane zweifellos einen höheren Betrag erreichten, als sonst, und vor Allem, dass die Produktion und Assimilation unserer Versuchspflanzen sich im Wesentlichen auf den August beschränkte, in welchem Monate allein dieselben lebhaft und ungestört vegetirten, so wird man schliessen müssen, dass die Menge des aus einem Cubikmeter Luft aufgenommenen Stickstoffs zeitweise bedeutend grösser war, als dieser Durchschnittszahl entspricht.

Die Angaben der verschiedenen Autoren über den Gehalt der athmosphärischen Luft an gebundenem Stickstoff differiren ausserordentlich, meist aber bleiben sie weit hinter dem Werth von 2,27 mg per Cubikmeter zurück. Fresenius fand 0,17 mg, Schloesing 0,06 mg Ammoniak im cbm Luft, und schon daraus liesse sich folgern, dass unsere Versuchspflanzen ihren Bedarf nicht aus dem gebundenen, sondern nur aus dem freien Stickstoff der Luft entnommen haben konnten.

Noch bestimmter aber spricht dafür die Thatsache, dass die Pflanzen unter den Glocken II bis IV, welche nur eine Luft zugeführt erhielten, die durch die Wirkung des umfangreichen Absorptionsapparates und die Assimilation der vorherstehenden Pflanzen ihres Gehalts an gebundenem

Stickstoff beraubt war, und denen eine andere Stickstoffquelle nicht zur Verfügung stand, nicht nur überhaupt wachsen und ansehnliche Mengen Stickstoff aufnehmen, sondern genau eben so gut, oder, wenn man will, noch besser wachsen konnten, wie die unter Glocke I stehenden, denen die atmosphärische Luft mit ihrem unveränderten Gehalte an Stickstoffverbindungen gegeben wurde, — ja ebensogut, wie die unter sonst gleichen Bedingungen gänzlich im Freien vegetirenden Erbsen.

Es wird genügen, den oben gegebenen Erntezahlen noch die Bemerkung hinzuzufügen, dass die Pflanzen der Nummer 163, unter Glocke I nicht etwa durch die oben beregte Calamität (Sonnenbrand) in stärkerem Grade geschädigt worden waren, als die übrigen, sondern dass dieselben auch im August nicht und überhaupt zu keiner Zeit jemals einen bemerkbar besseren Stand zeigten als jene; — sowie daran zu erinnern, dass, wie wie oben S. 91 mitgetheilt war, die Restnummern der ursprünglich aus 10 Gefässen bestehenden Versuchsreihe (No. 160 bis 169), aus welcher die vorbehandelten 5 Gefässe ausgewählt waren, unter den gewöhnlichen bekannten Verhältnissen im Freien weiter vegetirt und bei der nach normaler Reife vorgenommenen Ernte folgende Erträge geliefert hatten:

Versuchs-No.	oberirdische Trockensubstanz in Summa *)	in dieser Stickstoff
	g	g
160.	15,789	0,425
161.	18,768	0,493
165.	19,743	0,520
169.	16,200	0,469

Die Nummer 166 war schon Ende Juni aus der Versuchsreihe ausgeschieden und zu Wurzelstudien verwendet worden.

Im Jahre 1887 sollte das Experiment mit einigen äusseren Aenderungen an dem Apparate wiederholt werden, welche die Bestimmung hatten, das Entstehen einer übermässig hohen Temperatur im Innern der Glocken zu verhindern, ohne zugleich die Licht-Intensität bis zu einem schädlichen Grade herabzumindern. Wir hatten aber mit diesen Veränderungen so wenig Erfolg, dass die Pflanzen in diesem Jahre schon in früher Jugend in einer Weise litten, welche uns veranlasste, die Bestrebungen in dieser Richtung zunächt ganz aufzugeben, und uns der einfachen Versuchsanordnung zuzuwenden, welche Boussingault in seinem bekannten Fundamental-Versuche benutzt hatte.

Boussingault hatte seine Pflanzen in einen Glasballon eingesperrt und da er dieselben nicht nur in ein stickstofffreies, sondern zugleich

*) Anmerkung. Auf die Wurzelernte wurde bei diesen 4 Nummern keine Rücksicht genommen.

sterilisirtes Bodenmedium brachte, so konnte er bestimmt nachweisen, dass unter diesen Verhältnissen weder Produktion noch Stickstoffassimilation stattfand.

Nach unseren Erfahrungen mussten wir erwarten, dass es möglich sei, Leguminosen unter ganz den gleichen Verhältnissen dahin zu bringen, dass sie merklich produzirten und Stickstoff assimilirten, wenn wir das Bodenmaterial durch absichtliche Zuführung mit Mikroorganismen belebten.

Einem einfachen Glasballon liess sich leicht eine Aufstellung geben, bei welcher eine Ueberhitzung des Ballon-Innern vermieden wurde, was bei den Glocken, welche auf einem Dache und einer dunkeln Schieferplatte den directen Sonnenstrahlen von allen Seiten frei ausgesetzt montirt waren, nicht oder nur bei einer Ventilationsenergie möglich wurde, welche mit den vorliegenden Versuchszwecken nicht vereinbar war.

Es wurde demgemäss ein Säure-Ballon aus weissem Glase mit gut eingeschliffenem Glasstopfen von 44 l Inhalt genommen und mit 4 kg von unserem feinen Quarzsande beschickt, welcher zunächst im Chamotte-Tiegel und Windofen 2 Stunden lang geglüht und dann mit folgenden Zusätzen versehen worden war:

Calciumcarbonat . . .	4,000 g	(trocken beigemischt)
Kaliummonophosphat	0,544 „	(als Nährlösung)
Kaliumchlorid	0,298 „	
Calciumchlorid . . .	0,222 „	
Magnesiumsulphat . .	0,240 „	

ferner 25 ccm eines Aufgusses, welcher aus 5 g Boden von unserem Versuchsfelde bereitet war und nach zwei übereinstimmenden Analysen 0,15 mg Stickstoff enthielt, — und endlich soviel destillirtes Wasser, dass der Feuchtigkeitsgehalt des Sandes 17,5 % (= 70 % seiner wasserfassenden Kraft) betrug.

Mittelst eines lang gestielten Löffelchens wurde aus dem Sande auf dem Boden des Ballons ein kleiner etwa 10 cm hoher Hügel gebildet und in diesen am 6. Juni ein Erbsensamen eingesäet. — Versuchs-Nummer 384.

Der Ballon wurde auf zweckmässiger Unterlage in Höhe des Erdbodens ausserhalb hinter der Nordwand des Glashauses aufgestellt und erhielt dort nicht allein diffuses, sondern auch directes Sonnenlicht, — aber Sonnenlicht, welches erst zweimal durch Wände von starkem Glase gehen musste und auf diesem Wege durch Reflexion und Absorption bedeutend an Intensität verloren hatte.

Die vortheilhafte Wirkung dieser Aufstellung ergiebt sich aus folgenden gleichzeitigen Beobachtungen an besonders heissen Tagen:

Temperaturen:

den 9. Juli, Nachmittags 2 Uhr:

am Registr.-Sonnen-Thermometer	43° C.
„ „ Schatten- „	30° C.
innerhalb der Glocken des 1886er Apparates	42° C.
innerhalb des Ballons	36° C.

den 26. Juli, Mittags 12 Uhr:

am Registr.-Sonnen-Thermometer	41° C.
„ „ Schatten- „	26° C.
innerhalb der Glocken des 1886er Apparates	39° C.
innerhalb des Ballons	28,5° C.

den 27. Juli, Vormittags 11 Uhr:

am Registr.-Sonnen-Thermometer	46° C.
„ „ Schatten- „	28° C.
innerhalb der Glocken des 1886er Apparates	42° C.
innerhalb des Ballons	32° C.

Die eingesäete Erbse keimte unter diesen Umständen normal, entwickelte sich, so lange die Reservestoffe des Samens zu ihrer Ernährung ausreichten, gut, trat dann mit Beginn der 4. Juniwoche in den ausgesprochenen Hungerzustand über, begann aber Anfang Juli wieder zu ergrünen und zeigte damit die Neigung weiter zu wachsen.

Da aber hierzu der natürliche Kohlensäuregehalt der geringen Menge miteingeschlossener Luft natürlich nicht genügte, so musste an eine künstliche Zufuhr von Kohlensäure gedacht werden, und dies machte ein zeitweiliges Oeffnen des Ballon-Verschlusses unvermeidlich.

Um dies so kurz dauernd als möglich zu machen, wurde die einzuführende Quantität reiner, gut gewaschener Kohlensäure allemal vorher unter einer Glocke mit weitem Abzugsrohr abgemessen und dann in raschestem Tempo in den Ballon gedrückt. (Die Zeit, welche der Ballon behufs dieser Operation offen blieb, betrug immer höchstens zwei Minuten.)

Ob und wenn eine Kohlensäurezufuhr nöthig wurde, zeigte stets die Pflanze selbst sehr sicher und bestimmt durch Nachlassen im Wachsthume an.

Es wurden demgemäss gegeben:

am 25. Juni: 1 Liter Kohlensäure,
am 9. Juli: 2½ „ „
am 21. Juli: 2½ „ „ und
am 29. Juli: wiederum 2½ Liter.

Das erste Oeffnen des Ballons am 25. Juni wurde gleichzeitig noch dazu benutzt, je ein Samenkorn von Hafer und Buchweizen neben die junge Erbse in den Ballon einzusäen.

Ueber die weitere Entwicklung der letzteren ist Folgendes zu berichten.

Nachdem die Erbse den Hungerzustand anfangs Juli vollständig überwunden hatte, wuchs sie sehr energisch vorwärts, wie aus nachstehenden Angaben unseres Beobachtungs-Journales erhellt.

„Schon am 6. Juli hatte sie die geringe Höhe des Ballons erreicht. Bei der weiteren Entwicklung krümmte sich der Stengel und wand sich im Ballon herum, so dass sich seine wahre Länge am 21. Juli auf etwa 70 bis 75 cm schätzen liess. Das Aussehen der ganzen Pflanze bot nichts Anormales (s. Abbildung auf Taf. VI); Stengel und Blätter waren stark und breit, so zu sagen üppig, die Farbe derselben nicht ganz so dunkel, wie bei den im Freien wachsenden Exemplaren. Zwei Seitensprossen bilden sich, die am 26. Juli schon eine Länge von 20 cm erreichen, gleichzeitig erscheinen normal entwickelte Blüthen. Die Pflanze strebt beim Weiterwachsen mit Macht, aus ihrem engen Gefängniss herauszukommen, der Hauptstengel bricht bei diesem Bestreben unter dem eigenen Drucke durch: das abgebrochene Stück mit vier Blüthen wird bei der Oeffnung des Ballons am 29. Juli entfernt resp. zur Ernte reservirt; die Nebenzweige drängen sich sämmtlich in den Hals des Ballons zusammen; eine Blüthe hat sich zur Frucht entwickelt und enthält deutlich erkennbar drei Samenanlagen.

„Im August lässt dieses Treiben allmälig nach, die neu gebildeten Stengeltheile werden sichtlich spröder, so zu sagen glasig und springen stellenweise horizontal auf, die neu gebildeten Blätter bleiben schmal, spitz und haben eine auffällig schwarzgrüne Farbe; in der dritten Augustwoche bleibt die Entwickelung gänzlich stehen, die Pflanze leidet offenbar; es ist die Frage, ob durch Mangel an Kohlensäure oder durch Ueberschuss an Sauerstoff, der sich als Rest der bereits zersetzten Kohlensäure in erheblicher Menge in dem Ballon angesammelt haben muss.

„Zur Entscheidung dieser Frage werden am 20. August zweimal ca. 50 ccm Luft aus der Mitte des Ballons zur Analyse entnommen und gleichzeitig $2^1/_2$ l Kohlensäure neu eingeführt. Die Untersuchung der Ballonluft ergiebt folgendes Resultat:

„50 ccm der Ballonluft, mit Barytwasser geschüttelt, lassen dasselbe vollkommen klar (50 ccm Luft zum Vergleich aus der freien Atmosphäre neben dem Ballon entnommen, geben damit eine zwar nur schwache, aber unverkennbare Trübung); die Kohlensäure im Ballon ist also von der Erbse wiederum vollständig aufgebraucht.

48,35 ccm Ballonluft, in einer Sachsse'schen Röhre bei 18° C. gemessen, geben nach der Behandlung mit Kali:

48,35 ccm bei 18° C. — und nach dem Hinzufügen von Pyrogallussäure:
32,00 ccm bei 18° C. — Der Sauerstoffgehalt der Luft war demnach:
16,35 ccm, d. i. = 33,8 Volumprocent O.

„Die erneute Zufuhr von Kohlensäure in den Ballon versagt diesmal den gewohnten günstigen Erfolg fast ganz. Der Zuwachs in der nächsten Woche ist gering; es werden wohl eine Anzahl neuer Seitentriebe angelegt, aber dieselben haben ein anormales Aussehen, ihre Farbe ist tief dunkelgrün, die Stengeltheile sind ungewöhnlich dick und verkürzt, die Blattspreiten wenig entwickelt, die Blattform ist schmal und spitz. Blüthen werden nicht mehr gebildet; dagegen sind viele der älteren Blätter gelb geworden und die Spitzen der älteren Zweige, welche sich mit Macht in den Hals des Ballons eingekeilt haben, gehen zu Grunde.

„Es kann nicht mehr zweifelhaft sein, dass die Pflanze in Folge der übermässigen Sauerstoffspannung im Ballon leidet.

„Nachdem dies erkannt, wird der Ballon am 31. August geöffnet; die bis dahin gelb gewordenen Theile der Erbse — es sind der Haupttrieb, zwei ältere und zwei jüngere Seitensprossen — werden abgeschnitten und aufgehoben; dann wird der Ballon in der Weise gründlich ventilirt, dass man einen starken Luftstrom (etwa 300 l) mittelst einer kräftigen Wasserstrahlpumpe rasch hindurch leitet, und nachdem man noch einmal $2^1/_2$ l Kohlensäure hineingedrückt hat, wieder verschlossen.

„Dieser gründliche Luftwechsel hat allerdings zur Folge, dass die von jetzt ab an den zurückgelassenen Trieben entstehenden Neubildungen wieder normaler, die Stengeltheile gestreckter, die jungen Blätter wieder breiter werden, aber das gesammte Wachsthum erreicht doch im ganzen September nicht entfernt wieder die frühere Lebhaftigkeit, so dass eine nochmalige Zufuhr von Kohlensäure nicht mehr nöthig erscheint, und man beschliesst, am 4. October den Versuch zu beenden."

Die Lebensgeschichte dieser Pflanze bot mancherlei Interessantes.

Unsere Versuchs-Einrichtung erlaubte nur die Kohlensäure in Pausen und immer in grösseren Mengen auf einmal in den Ballon einzuführen. Wenn man sich erinnert, dass der Ballon in Summa 44 l fasste und dass wir unsere einzelnen Kohlensäure-Gaben meist auf $2^1/_2$ l bemassen, so erkennt man, dass die Erbse sich zeitweilig in einer Luft befand, welche mehr als 5 Volumprocent Kohlensäure enthielt, ohne abzusterben, ja ohne ersichtlichen Nachtheil.

Ebensowenig war ein Leiden der Pflanze zu bemerken, als der Sauerstoffgehalt der in dem Ballon eingeschlossenen Luft allmälig bis in die Nähe von 30 Volumenprocent stieg; erst als dieser Punkt noch wesentlich überschritten wurde, traten abnorme Erscheinungen in dem Wachsthume auffällig hervor.

Jedenfalls war die Erbse unter den gewährten Versuchsbedingungen gewachsen, und zwar recht energisch gewachsen, wie schon daraus hervorgeht, dass sie während der Zeit ihrer lebhaftesten Vegetation in 20 Tagen (9. bis 29. Juli) nicht weniger als 5 l Kohlensäure, und davon die letzten $2^1/_2$ l innerhalb einer Woche (21. bis 29. Juli) consumirte, und wie die folgenden Ernteresultate noch weiter bestätigen:

Der am 31. August geerntete Haupttrieb der Pflanze hatte incl. des frühzeitig abgebrochenen und am 29. Juli weggenommenen Spitzenstücks eine Länge von 88 cm erreicht und trug eine wohlausgebildete Schote von $7^1/_2$ cm Länge mit einem verkümmerten und zwei durchaus normal entwickelten, schön ausgebildeten Samen (lufttrocknes Gewicht derselben: 0,22 und 0,21 g); die beiden ältesten Seitensprossen waren 40 und 45 cm lang.

Sämmtliche Ernteprodukte bei 100° C. bis zum constanten Gewicht getrocknet lieferten:

Erste Ernte am 31. August (incl. 29. Juli)	Samen . .	0,376 g	Trockensubstanz,
	Stroh und Spreu	6,173 „	„
dazu der Rest als zweite Ernte vom 4. October	Stroh . .	2,520 „	„
und von der ganzen Pflanze die Wurzeln .		1,290 „	„
d. i. die ganze Erbsenpflanze in Summa		10.359 g	Trockensubstanz.

Die bisher noch nicht wieder erwähnten Hafer und Buchweizen dagegen hatten ihr ganzes Leben hindurch neben der Erbsenpflanze gehungert. Zwar hatten beide schwächliche Blüthenorgane entwickelt, waren aber nicht bis zur Samenbildung gelangt.

Die Summa der bis zum 4. October gebildeten Pflanzenmasse betrug:

beim Hafer — ganze Pflanze incl. Wurzeln 0.160 g Trockensubstanz,
beim Buchweizen — desgl. . . . . 0,036 „ „

Die Analyse nach Kjeldahl-Wilfarth ergab als Stickstoffgehalt in diesen Ernteprodukten:

		Stickstoff gefunden in der Trocken-substanz %	Stickstoff berechneter Gesammt-gehalt g
Erbse.			
Erste Ernte am 31. August	Samen . .	3,80	0,0141
	Stroh und Spreu	1,91 / 1,99	
	im Mittel	1,95	0,1204
Zweite Ernte am 4. October	Stroh . .	2,46 / 2,48	
	im Mittel	2,47	0,0622
	Wurzeln .	2,85	0,0368
Ganze Pflanze in Summa			0,2335
Hafer.			
Ganze Pflanze in Summa		2,06	0,0033
Buchweizen.			
Ganze Pflanze in Summa		1,70	0,0006

Zwei weitere Analysen von dem Sande, in welchem die Pflanzen gewachsen waren, nach der Ernte im October vorgenommen, ergaben:

in 40 g Sand 0,2031 mg Stickstoff und
„ 40 „ „ 0,2099 „ „
d. i. im Mittel 0,2065 mg Stickstoff

und für die gesammte Bodenmasse von 4 kg Sand in Summa 0,0207 g Stickstoff.

Fügen wir endlich hinzu, dass die in den Ballon eingesäeten Samen aus dem für unsere 1887er Vegetationsversuche allgemein benutzten Elite-Saatgut entnommen waren, dass die Gewichte derselben in lufttrockenem Zustande betrugen:

das Erbsenkorn . . . 0,2350 g,
das Haferkorn . . . 0.0454 „
das Buchweizenkorn . 0,0226 „

und dass dieselben mithin nach den oben bei Besprechung der 1887er Versuche mitgetheilten Analysen enthielten:

das Erbsenkorn . . . . 0,0081 g Stickstoff,
das Haferkorn . . . . 0,0007 „ „
das Buchweizenkorn . . 0,0004 „ „

so hat man mit einer einzigen Ausnahme sämmtliche Daten zusammen, welche zur Aufstellung einer Berechnung über den in dem Versuche

erzielten Stickstoffgewinn erforderlich sind, — und diese Ausnahme bildet der Stickstoffgehalt der in dem Ballon eingeschlossenen Luft.

Die Ballonluft war allerdings gewöhnliche atmosphärische Luft aus dem Garten der Versuchsstation und leider weder vor Beginn des Versuchs analysirt noch auf irgend welche Weise gereinigt, enthielt also auch zweifellos eine gewisse Quantität gebundenen Stickstoffs.

Wenn man aber erwägt, dass der Inhalt des Ballons nur 44 l betrug, — dass der Ballon nur zweimal (am 6. Juni und am 20. August) mit frischer Luft gefüllt und sonst nur noch viermal beim Einbringen der Kohlensäure für wenige Minuten geöffnet wurde — dass ferner der Verschluss des Apparates während der ganzen Dauer des Versuches im Uebrigen ein hermetischer war, wie einerseits der im Innern des Ballons herrschende und bei dem jeweiligen Oeffnen des Verschlusses stark hervortretende je nach der Temperatur positive oder negative Druck, und andrerseits nicht minder bestimmt der bei der Analyse vom 20. August gefundene abnorm hohe Sauerstoffgehalt der eingeschlossenen Luft zeigten. — so wird man schliessen dürfen, dass unsere Versuchspflanzen während ihrer ganzen Lebenszeit höchstens mit 100 l atmosphärischer Luft in Berührung kamen.

Die Menge von gebundenem Stickstoff in 100 l atmosphärischer Luft erreicht selbst wenn man die weitest gehenden Bestimmungen zu Grunde legen will, noch nicht die Höhe von 1 mg; man wird es deshalb für entschuldigt halten können, wenn wir dem Unterlassen der Analyse resp. der vorherigen Reinigung unserer Ballonluft ein besonderes Gewicht hier nicht beilegen und die Stickstoff-Bilanz des Versuchs schliesslich wie folgt ziehen:

An gebundenem Stickstoff wurde in den Ballon eingeführt:

mit der Luft	weniger als	0,001 g
mit dem energisch ausgeglühten Sande:	nichts	
mit der Nährstofflösung und dem doppelt destillirten Wasser (in Sa. 700 ccm):	nichts	
mit dem Bodenaufguss (25 ccm)		0,0002 „
mit den drei eingesäeten Samen u. zw.:		
der Erbse		0,0081 „
dem Hafer		0,0007 „
dem Buchweizen		0,0004 „
	d. i. in Sa.	0,010 g

Dagegen wurde an gebundenem Stickstoff ausgeführt:

mit den geernteten Pflanzen u. zw.:

der Erbse	0,2335 g
dem Hafer	0,0033 „
dem Buchweizen	0,0006 „
in dem restirenden Boden	0,0207 „
d. i. in Sa.	0,258 g

Daraus resultirt ein Gewinn von 0,248 g gebundenen Stickstoff, der nur aus dem freien elementaren Stickstoff der atmosphärischen Luft genommen sein konnte.

16.

Mit Ausnahme des letzten Versuchs haben wir bis jetzt auf etwaige Veränderungen im Stickstoffgehalt des Bodens während der Vegetation unserer Versuchspflanzen keinerlei Rücksicht genommen und hielten uns dazu befugt, weil unsere bestimmt formulirte Aufgabe zunächst nur dahin ging, den typischen Unterschied in der Aufnahme des Stickstoffs unter gleichen Bedingungen zwischen Cerealien und Leguminosen zu erörtern, und wir Gelegenheit genug fanden zu zeigen, dass derselbe in unserem Falle von einem eventuell durch die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Bodens vermittelten Stickstoffgewinne vollständig unabhängig war. Die Frage der Bodenbereicherung lag vorläufig ausserhalb unseres Weges. Sicher aber würde es eine Lücke in unserer Arbeit bedeuten und uns ein berechtigter Vorwurf gemacht werden können, wenn wir die genannten Veränderungen im Boden gar nicht berücksichtigten. Wir haben deshalb nicht unterlassen, eine Anzahl Stickstoffbestimmungen von unseren Versuchsböden nach der Ernte auszuführen, glaubten aber uns damit auf eine einzige Versuchsreihe beschränken zu können und benutzten dazu die Böden der Erbsenculturen aus dem Jahre 1887.

Ich theile hier zum Schlusse die erhaltenen Resultate mit der Bemerkung noch mit, dass die Analysen genau in derselben Weise wie die oben S. 8 beschriebenen des als Bodenmaterial verwendeten Sandes, d. h. nach Kjeldahl-Wilfarth mit je 40 g Boden, unter Zusatz von Zucker und Benutzung einer verdünnten Titerflüssigkeit gemacht sind.

Nach der Ernte der Erbsen*) enthielt

Der Boden aus Versuchs-Nummer		Stickstoff gefunden in 40 g	Stickstoff darnach berechnet pro Kilo Boden	Stickstoff darnach berechnet pro Culturgefäss (4000 g) in Summa
		mg	g	g
323.		0,1760	0,0044	0,0176
		0,1768	0,0044	0,0177
		0,2022	0,0051	0,0202
	i. Mittel	0,1850	0,0046	0,0185
327.		0,3520	0,0088	0,0352
329.		0,1557	0,0039	0,0156
332.		0,2708	0,0068	0,0271
		0,2843	0,0071	0,0284
	i. Mittel	0,2776	0,0069	0,0278
333.		0,3317	0,0083	0,0332
335.		0,3182	0,0080	0,0318
337.		0,4942	0,0124	0,0494
341.		0,5348	0,0134	0,0535
342.		0,1828	0,0046	0,0183
		0,1828	0,0046	0,0183
	i. Mittel	0,1828	0,0046	0,0183
343.		0,4130	0,0103	0,0413
		0,4062	0,0102	0,0406
		0,4733	0,0118	0,0473
	i. Mittel	0,4308	0,0108	0,0431
346.		0,4604	0,0115	0,0460
		0,4942	0,0124	0,0494
	i. Mittel	0,4773	0,0119	0,0477
348.		0,3656	0,0091	0,0366
352.**)		0,9749	0,0245	0,0975
		0,9548	0,0239	0,0955
		0,9883	0,0247	0,0988
	i. Mittel	0,9727	0,0243	0,0973
354.		0,2640	0,0066	0,0264

*) S. 113 bis 121.

**) Anmerkung. In dem Boden von No. 352 liessen sich erhebliche Mengen Salpetersäure nachweisen, während alle die übrigen Nummern, die noch geprüft wurden, nur Spuren von Nitraten oder Nitriten enthielten.

Der Boden aus Versuchs-Nummer		Stickstoff gefunden in 40 g mg	Stickstoff darnach berechnet pro Kilo Boden g	Stickstoff darnach berechnet pro Culturgefäss (4000 g) in Summa g
362.		0,1219	0,0030	0,0122
		0,1151	0,0029	0,0115
	i. Mittel	0,1185	0,0030	0,0119
363.		0,2573	0,0064	0,0257
		0,2573	0,0064	0,0257
	i. Mittel	0,2573	0,0064	0,0257
364.		0,3250	0,0081	0,0325
		0,3317	0,0083	0,0332
	i. Mittel	0,3284	0,0082	0,0328
365.		0,2302	0,0058	0,0230
		0,2979	0,0074	0,0298
	i. Mittel	0,2641	0,0066	0,0264
369.		0,2302	0,0058	0,0230
		0,2370	0,0059	0,0237
	i. Mittel	0,2336	0,0058	0,0234
370.		0,3520	0,0088	0,0352

Vor Beginn der Versuche war der Stickstoffgehalt des Sandes im Mittel zu 0,0036 g pro Kilo d. i. zu 0,0144 g pro Culturgefäss (= 4000 g Sand) gefunden worden.

Da diese Durchschnittszahl aber aus 16 Analysen resultirt, von denen einige nach oben und unten erheblich abweichen, und da ebenso die Stickstoffbefunde nach der Ernte ähnliche Differenzen aufweisen (was beiläufig bei der Natur des Untersuchungsmaterials nicht verwundern kann), so erscheint es richtiger, bei Ermittlung der Veränderungen, welche der Stickstoffgehalt des Bodens während der Vegetation erlitten hatte, nicht diese Mittelzahlen, sondern die direct gefundenen Minimal- und Maximalzahlen zu Grunde zu legen.

Wir thun dies und gruppiren dabei die einzelnen Nummern behufs besserer Uebersicht des Gesammt-Resultats gleich wie folgt:

Der Boden enthielt (pro Culturgefäss = 4000 g)

in Versuchs-No.	in welcher geerntet waren an Erbsen-Trockensubstanz	Stickstoff vor Beginn des Versuches		Stickstoff nach Schluss des Versuches		berechnete Veränderungen nach den Minimalzahlen	berechnete Veränderungen nach den Maximalzahlen
		Minim.	Maxim.	Minim.	Maxim.		
	g	g	g	g	g	g	g
1. mit stickstoffloser Nährmischung.							
a) ohne Bodenaufguss (Erbsen nicht gewachsen).							
323.	0,744	0,007	0,022	0,018	0,020	+ 0,011	— 0,002
329.	0,842	0,007	0,022	0,016	0,016	+ 0,009	— 0,006
342.	0,919	0,007	0,022	0,018	0,018	+ 0,011	— 0,004
362.	0,861	0,007	0,022	0,012	0,012	+ 0,005	— 0,010
						Mittel aus allen Zahlen:	+ 0,0035.
b) mit Bodenaufguss (Erbsen mehr oder weniger gut gewachsen).							
327.	20,096	0,007	0,022	0,035	0,035	+ 0,028	+ 0,013
332.	12,563	0,007	0,022	0,027	0,028	+ 0,020	+ 0,006
333.	17,129	0,007	0,022	0,033	0,033	+ 0,026	+ 0,011
335.	13,503	0,007	0,022	0,032	0,032	+ 0,025	+ 0,010
337.	19,711	0,007	0,022	0,049	0,049	+ 0,042	+ 0,027
341.	15,962	0,007	0,022	0,053	0,053	+ 0,046	+ 0,031
343.	6,571	0,007	0,022	0,041	0,047	+ 0,034	+ 0,025
						Mittel aus allen Zahlen:	+ 0,0246.
2. mit Zugabe von Nitraten.							
a) ohne Bodenaufguss.							
346.	11,076	0,007	0,022	0,046	0,049	+ 0,039	+ 0,027
348.	11,278	0,007	0,022	0,037	0,037	+ 0,030	+ 0,015
						Mittel:	+ 0 0278.
b) mit Bodenaufguss.							
352.	13.599	0.007	0,022	0.095	0.099	+ 0.088	+ 0,077*)
354.	18.362	0.007	0.022	0,026	0.026	+ 0,019	+ 0,004
						Mittel von No. 354:	+ 0.0115.

*) Anmerkung. Da laut Anmerkung auf Seite 194 der in No. 352 gefundene Bodenstickstoff zum Theil noch aus einem Reste von den gegebenen und von den Pflanzen nicht vollständig assimilirten Nitraten bestand, so ist diese Nummer zur Berechnung des Stickstoffgewinns nicht mit verwendbar.

in Versuchs-No.	in welcher geerntet waren an Erbsen-Trockensubstanz	Stickstoff vor Beginn des Versuches Minim.	Maxim.	nach Schluss des Versuchs Minim.	Maxim.	berechnete Veränderungen nach den Minimalzahlen	nach den Maximalzahlen
	g	g	g	g	g	g	g
		3. mit Zugabe von Calciumcarbonat.					
		a) ohne absichtlichen Zusatz.					
363.	7,102?	0,007	0,022	0,026	0,026	+ 0,019	+ 0,004
						Mittel: + 0,0115.	
		b) mit Bodenaufguss.					
364.	14,298	0,007	0,022	0,033	0,033	+ 0,026	+ 0,011
365.	2,825	0,007	0,022	0,023	0,030	+ 0,016	+ 0,008
						Mittel: + 0,0153.	
		c) mit Zugabe von Nitraten.					
369.	7,609	0,007	0,022	0,023	0,024	+ 0,016	+ 0,002
						Mittel: + 0,009.	
		d) mit Nitraten und Bodenaufguss.					
370.	20,486	0,007	0,022	0,035	0,035	+ 0,028	+ 0,013
						Mittel: + 0,0205.	

Wir schliessen aus diesen Zahlen wie folgt:

1. Der als Boden benutzte Quarzsand hatte während der Dauer unserer Versuche in allen Fällen ohne Ausnahme eine Bereicherung an Stickstoff erfahren.

2. Diese Zunahme war bedeutender in allen den Nummern, in welchen die Pflanzen mehr oder weniger lebhaft vegetirten, als in denen, in welchen dieselben nahezu produktionslos verhungerten.

3. Der Stickstoffgewinn war aber quantitativ überall nur gering, jedenfalls sehr viel kleiner, als er von anderen Beobachtern, die mit humosen oder lehmigen Bodenarten arbeiteten, mehrfach angegeben wird (hundert und mehr Milligramme Stickstoff pro Kilo Boden).

In den vegetationslosen, oder wenigstens nahezu vegetationslosen, vier ersten Nummern betrug er im Durchschnitt

0,0035 g pro Culturgefäss, d. i. 0,88 mg pro Kilo Sand;

in den nächsten 7 Nummern, welche mit gut wachsenden Pflanzen bestanden waren, (327—343), stellte er sich durchschnittlich auf

0,0246 g pro Culturgefäss, oder 6,15 mg pro Kilo Sand;

in den letzten 8 Nummern (346—370) ergab sich als Durchschnitt

0,0173 g pro Culturgefäss = 4,33 mg pro Kilo Sand

und in der Nummer 341, in welcher der höchste Stickstoffgewinn überhaupt constatirt war, wurde derselbe zu

0,046 g (mit Zugrundelegung der Minimal-Zahlen)
0,031 g (mit Zugrundelegung der Maximal-Zahlen)

0,0385 g im Mittel gefunden, d. i. = 9,63 mg pro Kilo Sand.

4. Fast das ganze angesammelte Stickstoff-Plus war in Form von organischen Verbindungen im Sande vorhanden.

Sämmtliche Resultate enthalten nichts, was dunkel wäre, oder auch nur zu Bedenken Anlass gäbe.

In unsern Versuchen war der Zutritt von organischen resp. organisirten Staubtheilchen zum Boden nirgends absolut ausgeschlossen; — in allen Gefässen entwickelte sich theils früher theils später, theils mehr theils weniger, wie erwähnt, eine Vegetation von Kryptogamen; — die Ernte konnte nirgends so bewerkstelligt werden, dass nicht abgestorbene Pflanzenreste aller Art, und Theile von den feineren Verzweigungen der Wurzel im Boden zurückgeblieben wären.

Dies genügt schon, wie uns dünkt, hinlänglich, um nicht nur die gefundene Thatsache, dass sich unser Sand während der Dauer des Versuchs an Stickstoff bereicherte, und dass diese Anreicherung in den Gefässen, in welchen die Pflanzen lebhaft vegetirten grösser gefunden wurde, als in denen, wo dies nicht der Fall war, sondern sogar auch die gefundene Quantität des Stickstoffgewinns zu erklären, so dass wir nicht nöthig haben, auf das noch durchaus unklare Gebiet der Wurzelausscheidungen zu recurriren, obgleich es möglich wäre und wir sogar zu glauben geneigt sind, dass auch dies hier eine Berücksichtigung verdiente.

Auf die Beobachtung, dass der Stickstoffgewinn im Boden fast ausschliesslich in Form organischer Verbindungen vorhanden war, legen wir Werth. Dieselbe enthält gewiss keinen directen Beweis gegen die Richtigkeit der Hypothese von der indirecten Stickstoffaufnahme unter anderen Verhältnissen z. B. in humosen oder lehmigen Bodenarten, aber sie berechtigt uns, wie wir meinen, dieser Hypothese bei Erörterung der mit unserem Quarzsande gemachten Erfahrungen einen entscheidenderen Einfluss nicht einzuräumen.

Zum Schlusse bleibt uns noch übrig zu zeigen, dass die Stickstoff-Bilanzen, sowie die daraus abgeleiteten Schlüsse, die wir oben ohne

Rücksicht auf die Veränderungen, welche der Stickstoffgehalt des Bodens während des Versuchs erlitt, gezogen haben, durch Berücksichtigung des letzteren nirgends ihre Gültigkeit verlieren und nur insofern, dass der berechnete Stickstoffgewinn etwas höher ausfällt, nirgends aber in ihrem Sinne geändert werden, und dies glauben wir am einfachsten durch die nachstehende Zusammenstellung thun zu können:

Versuche mit Erbsen 1887.

Versuchs-No.	Stickstoffbilanz: ohne Berücksichtigung des Bodenstickstoffs: gegeben in Samen und Nitraten Stickstoff	ohne Berücksichtigung des Bodenstickstoffs: geerntet in der ganzen Pflanze Stickstoff	ohne Berücksichtigung des Bodenstickstoffs: Stickstoffgewinn in der Pflanze allein	mit Berücksichtigung des Bodenstickstoffs: Stickstoffgewinn im Boden	mit Berücksichtigung des Bodenstickstoffs: Stickstoffgewinn in Pflanze und Boden zusammen
	g	g	g	g	g
323.	0,016	0,013	— 0,003*)	+ 0,005	+ 0,002*)
329.	0,016	0,014	— 0,002	+ 0,002	± 0,000
342.	0,016	0,014	— 0,002	+ 0,004	+ 0,002
362.	0.016	0.011	— 0,005	— 0,003	— 0,008
327.	0,016	0,636	+ 0,620	+ 0,021	+ 0,641
332.	0,016	0,331	+ 0,315	+ 0,013	+ 0,328
333.	0,016	0,489	+ 0,473	+ 0,019	+ 0,492
335.	0,016	0,294	+ 0,278	+ 0,018	+ 0,296
337.	0,016	0,499	+ 0,483	+ 0,035	+ 0,518
341.	0,016	0,451	+ 0,435	+ 0,039	+ 0,474
343.	0,016	0,176	+ 0,160	+ 0,030	+ 0,190
346.	0,128	0,112	— 0,016	+ 0,033	+ 0,017
348.	0,240	0,170	— 0,070	+ 0,023	— 0,047
352.	0,128	0.294	+ 0,166	+ 0,012	+ 0,178
354.	0,240	0,399	+ 0,159	+ 0,012	+ 0,171
364.	0,016	0.388	+ 0,372	+ 0.019	+ 0,391
365.	0,016	0,048	+ 0,032	+ 0,012	+ 0,044
369.	0,128	0,097	— 0,031	+ 0,009	— 0,022
370.	0,128	0,295	+ 0,167	+ 0,021	+ 0,188

*) Anmerkung. Warum wir in einer Umwandlung von — 0,003 g zu + 0,002 g Stickstoff in der combinirten Bilanz von Pflanze und Boden zusammen trotz des wechselnden Vorzeichens eine Aenderung des Sinnes des Resultates nicht erblicken, wird mit Rücksicht auf die Fehlerquellen, welche die diesen Zahlen zu Grunde liegenden Bestimmungen einschliessen, keiner weiteren Erörterung bedürfen.

17.

Die Resultate unserer Arbeit fasse ich in nachstehende Sätze zusammen:

In einem stickstofflosen Boden war die Assimilation und Produktion der von uns geprüften Cerealien, Hafer und Gerste, gleichgültig ob derselbe sterilisirt war oder nicht, immer nahezu gleich Null.

Durch Zugabe von Nitraten zum Boden liess sich aber allezeit ein normales Wachsthum dieser Pflanzenarten hervorrufen und zwar stand dann die Entwicklung derselben immer in annähernd directem Verhältnisse zu der Menge des gegebenen Nitrates.

Solange sich die Nitratgaben innerhalb der Grenzen bewegten, in welchen sich der Stickstoffgehalt des Bodens als Wachsthumsfactor im Minimum befand, wurde durch einen Theil Bodenstickstoff immer annähernd der gleiche Ertrag und zwar 90 bis 100 Theile oberirdische Trockensubstanz produzirt.

In den Ernten der Gerste und des Hafers, gleichgültig ob sie in einem stickstofflosen, stickstoffarmen, oder stickstoffreichen Boden gewachsen waren, wurde niemals mehr, oder auch nur ebensoviel Stickstoff wiedergefunden, als in dem Boden bei Beginn des Versuchs in Form assimilirbarer Stickstoffverbindungen vorhanden war.

Nichts deutete darauf hin, dass die Cerealien eine bemerkenswerthe Quantität ihrer Stickstoffnahrung aus einer anderen Quelle, als dem Boden schöpften, oder zu schöpfen vermochten.

In einem stickstofflosen sterilisirten und sterilisirt erhaltenen Boden verhielten sich die zu unsern Versuchen benutzten Leguminosen, Erbsen, Serradella und Lupinen, den Cerealien vollkommen gleich.

Wachsthum und Assimilation war in diesem Falle auch bei ihnen immer ungefähr gleich Null.

Durch Zugabe von Nitraten zum Boden liessen sich dieselben aber zur Entwicklung bringen und die Produktion stand dann in annähernd directem Verhältnisse zu der Menge des

gegebenen Bodenstickstoffs, so lange sich der letztere als Wachsthumsfactor im Minimum befand.

In den Ernteprodukten war ein bemerkenswerthes Plus von Stickstoff, welches aus anderen Quellen, als dem Boden hätte stammen können, nicht aufzufinden.

Der bekannte Boussingault'sche Fundamentalversuch ist unter diesen Verhältnissen ausgeführt, und die Schlüsse, die aus demselben gezogen werden, haben nur für diesen Fall (sterilisirten Boden) Gültigkeit.

In einem nicht sterilisirten Boden aber vermochten die Leguminosen unter gewissen Umständen zu wachsen auch wenn derselbe frei war von assimilirbaren Stickstoffverbindungen, oder nur Spuren derselben enthielt, und zwar insbesondere dann, wenn die Versuchsculturen während der Vegetation unbedeckt im Freien gehalten wurden, und sicher dann, wenn man dem stickstofflosen Bodenmateriale den durch Anrühren mit destillirtem Wasser und Absetzenlassen bereiteten Aufguss von einer geringen Menge (1—2 ‰) eines zweckmässig gewählten Culturbodens beigab.

Die Leguminosen brachten es im letzteren Falle nicht nur in der Regel zu einer durchaus normalen, sondern ausnahmsweise bisweilen zu einer auffallend üppigen Entwicklung und

in den Ernteprodukten derselben liess sich stets ein entschiedenes, häufig sehr hohes Stickstoffplus nachweisen, welches aus dem Boden nicht stammen konnte.

Ein ähnlicher, wenn auch minder ausgiebiger Stickstoffgewinn wurde nach Zugabe von Bodenaufguss durch die Leguminosen auch dann erzielt, wenn der Boden nicht völlig stickstofflos war, sondern eine gewisse aber für ihre Bedürfnisse nicht ausreichende Quantität Nitrate enthielt.

Die Cerealien dagegen zeigten in einem stickstofflosen Boden auch wenn derselbe nicht sterilisirt war, niemals eine Neigung zum Wachsen und niemals einen bemerkbaren Stickstoffgewinn. Eine Zugabe von Bodenaufguss blieb bei Hafer und Gerste in beiden Beziehungen ohne jede merkbare Wirkung.

Der eigenthümliche, sehr bedeutende Einfluss, den die Zugabe von einer geringen Menge Bodenaufguss auf das Wachsthum und die Stickstoffaufnahme der Leguminosen

ausübte, liess sich nicht erklären durch den Gehalt des letzteren an Stickstoff, oder anderen Pflanzennährstoffen.

Wenn der Bodenaufguss gekocht, oder auch nur einer Temperatur von 70° C. ausgesetzt wurde, so verlor er seine Wirksamkeit gänzlich und ausnahmslos.

Ein und dieselbe Leguminosenart wurde durch Bodenaufgüsse verschiedener Herkunft sehr ungleich beeinflusst, und ein und derselbe Bodenaufguss wirkte auf verschiedene Leguminosenarten durchaus verschieden. So beförderte der Aufguss von einem vorzüglichen Zuckerrübenboden, in welchem Erbsen und verschiedene Kleearten seit langer Zeit in die regelmässige Fruchtfolge eingeschoben, Serradella und Lupinen aber noch niemals angebaut waren, das Wachsthum und den Stickstoffgewinn der Erbsen sicher und in bedeutendem Grade, hatte aber in der geringen Menge, in der wir ihn verwendeten, für die Entwicklung der Serradella und Lupine nie den geringsten Effect.

Das durch Zufuhr von Bodenaufguss bedingte Wachsthum der Leguminosen in einem stickstofflosen Bodenmateriale unterschied sich von der Vegetation derselben in einem sterilisirten, mit Nitraten versehenen Boden wesentlich und äusserlich sichtlich dadurch, dass im ersten Falle nach der Keimperiode in der Regel ein eigenthümlicher, von sehr charakteristischen Erscheinungen begleiteter Hungerzustand der Pflanzen eintrat, welchem dann nach kürzerer oder häufig auch erst längerer Zeit eine sehr energische und rasche Entwicklung folgte.

In sterilisirtem und während der Vegetationszeit steril erhaltenem oder mit einem unwirksamen Aufgusse versehenen Boden wurde das Auftreten von Wurzelknöllchen bei den Leguminosen nicht bemerkt, gleichgültig, ob der Boden stickstofflos war und die Pflanzen darin langsam verhungerten oder ob derselbe mehr oder weniger Nitrate enthielt und die Pflanzen in Folge dessen eine mehr oder weniger gute Entwicklung erreichten.

In nicht sterilisirtem, mit einem wirksamen Bodenaufguss versetzten Bodenmateriale war dagegen die Bildung normal entwickelter Wurzelknöllchen stets nachweisbar und mit dieser war eine erhebliche Assimilation von Stickstoff, dessen Quelle im Boden nicht zu suchen war, immer verbunden. Auch hier traten Knöllchenbildung und Stickstoffgewinn nicht

nur in stickstofflosem Boden, sondern auch dann ein, wenn derselbe eine gewisse, aber für die Bedürfnisse der Pflanze unzureichende Menge Nitrate enthielt, und waren in letzterem Falle nur quantitativ geringer.

Bei ein und derselben Leguminosenpflanze liess sich an der einen Hälfte des Wurzelsystems die Knöllchenbildung hervorrufen, an der anderen verhindern dadurch, dass man die erstere in eine stickstofflose, mit etwas Bodenaufguss vermischte und nicht sterilisirte, die andere in eine ganz gleich zusammengesetzte, aber durch Kochen sterilisirte Nährlösung eintauchen liess.

Die Bildung der Wurzelknöllchen erfolgte nicht nur in einem sehr frühen Entwicklungsstadium der Pflanzen, sondern war auch in dem vorbezeichneten Hungerzustande nachweisbar, in welchem die Pflanzen, um ihr Leben zu fristen, ihre nothwendigsten Assimilationsorgane resorbiren mussten; ein sichtliches Wachsthum der Leguminosen in stickstofflosem Boden fand immer erst nach Entwicklung der Wurzelknöllchen statt.

Lebhaftes Wachsthum der Leguminosen mit erheblicher Stickstoffassimilation in stickstofflosem Boden liess sich auch dann erzielen, wenn man sie in einer von Stickstoffverbindungen gereinigten Atmosphäre oder in einem beschränkten Luftvolumen vegetiren liess, welches ihnen nur Spuren gebundenen Stickstoffs liefern konnte.

Aus diesen rein objectiven Ergebnissen schliessen wir:

1. Die Leguminosen verhalten sich bezüglich der Aufnahme ihrer Stickstoffnahrung von den Gramineen principiell verschieden.

2. Die Gramineen sind mit ihrem Stickstoffbedarf einzig und allein auf die im Boden vorhandenen assimilirbaren Stickstoffverbindungen angewiesen und ihre Entwicklung steht immer zu dem disponiblen Stickstoffvorrathe des Bodens in directem Verhältnisse.

3. Den Leguminosen steht ausser dem Boden-Stickstoff noch eine zweite Quelle zur Verfügung, aus welcher sie ihren Stickstoffbedarf in ausgiebigster Weise zu decken resp., soweit ihnen die erste Quelle nicht genügt, zu ergänzen vermögen.

4. Diese zweite Quelle bietet der freie, elementare Stickstoff der Atmosphäre.

5. Die Leguminosen haben nicht an sich die Fähigkeit, den freien Stickstoff der Luft zu assimiliren, sondern es ist hierzu die Betheiligung von lebensthätigen Mikroorganismen im Boden unbedingt erforderlich.

6. Um den Leguminosen den freien Stickstoff für Ernährungszwecke dienstbar zu machen, genügt nicht die blosse Gegenwart beliebiger niederer Organismen im Boden, sondern ist es nöthig, dass gewisse Arten der letzteren mit den ersteren in ein symbiotisches Verhältniss treten.

7. Die Wurzelknöllchen der Leguminosen sind nicht als blosse Reservespeicher für Eiweissstoffe zu betrachten, sondern stehen mit der Assimilation des freien Stickstoffs in einem ursächlichen Zusammenhange.

Natürlich gelten diese Schlüsse zunächst nur für die von uns zu den Versuchen benutzten Leguminosenarten, und können die sub 5 und 6 gestellten Sätze, solange über die Art der hier in Frage kommenden Mikroorganismen und die Weise wie dieselben und die Leguminose sich in ihren Lebenszwecken gegenseitig zu fördern vermögen, noch nichts Genaueres bakannt ist, nur eine hypothetische Bedeutung beanspruchen; Versuche, wie die von M. Ward und neuerdings von Brêat[1]), Vuillemin[2]) und insbesondere Prazmowski[3]) versprechen aber auch in dieser Richtung bald weiteres Licht zu schaffen.

Wie man sich leicht überzeugen kann, befinden sich die vorstehenden Resultate in vollster Uebereinstimmung mit den Behauptungen, die ich im September 1886 in der 29. Section der 59. Versammlung Deutscher Naturforscher zu begründen versuchte[4]). Unter den Einwendungen die bereits gegen dieselben gemacht sind, finden wir bis heute keine, die uns zwänge, von unserer auf die oben beschriebenen Experimente basirten Auffassung abzugehen. Eine grössere Anzahl von Versuchen, die im laufenden Jahre theils zur Controlle, theils zur Vervollständigung der früheren Beobachtungen ausgeführt sind, bestätigen, soweit sich die Resultate derselben bis heute überblicken lassen, die älteren Erfahrungen nach jeder Richtung und stehen mit denselben nirgends im Widerspruch.

[1]) Comtes rendus. CVII. S. 397.
[2]) Annal. d. l. Sci. agr. T. I. 1888.
[3]) Bot. Ctrbl. XXXVI. S. 248.
[4]) Tageblatt. S. 290.

18.

Es lag, wie schon einmal gesagt, von Haus aus nicht in unserer Absicht, die Frage, ob und wie die Leguminosen in landwirthschaftlichem Sinne als bereichernde Culturgewächse anzusehen seien, mit in nähere Erörterung zu ziehen; dieselbe steht aber mit der eigenthümlichen Art der Stickstoffaufnahme dieser Pflanzen einerseits in so naher Beziehung, und andrerseits sind unsere Versuchsresultate so mehrfach schon zu Schlüssen in dieser Richtung benutzt, dass es Referent für angezeigt hält, auch seine Stellung zu der Angelegenheit in einigen kurzen Sätzen noch zu bezeichnen.

Nach meiner Auffassung liegt die Frage nach der bereichernden Wirkung der Leguminosen augenblicklich wie folgt:

Eine gute Ernte von einer Leguminosenart kann auch auf einem wenig stickstoffreichen oder selbst stickstoffarmen Boden gewonnen werden und enthält stets ansehnlich mehr Stickstoff, als eine unter gleichen Umständen erzeugte und relativ gleich gute Ernte von Cerealien.

Mit derselben gelangt eine grössere Quantität von Stickstoff in das Düngercapital der Wirthschaft, während sie andrerseits auch noch ein grösseres Quantum Wurzeln von bedeutend höherem Stickstoffgehalt im Boden hinterlässt.

Dieses Stickstoffplus aber stammt zum mehr oder minder grossen Theile nicht aus dem Bodenvorrathe, auf welchen die übrigen Culturgewächse mit ihrem Nährstoff-Bedürfnisse allein angewiesen sind, sondern aus Quellen, die jenen unzugänglich sind, deren Benutzung den Landwirth nichts kostet und denen er keinen Ersatz durch Düngung zu leisten braucht.

Für den letzten Satz liegen folgende Beweise vor:

Ueber die Stickstoffbindenden und -entbindenden Processe im Boden ist zwar überhaupt noch wenig, über den quantitativen Effect derselben noch nichts sicher bekannt; die Frage, ob die Leguminosen die Möglichkeit haben, die Wirkung der ersteren zu begünstigen, der letzteren zu mässigen, liegt noch ganz im Dunkeln; wahrscheinlich aber ist, dass gewisse Leguminosenarten durch ihre lange Vegetationszeit, andere durch die relativ längere Dauer ihrer Assimilationsperiode besser befähigt sind als andere Culturgewächse. die in der Luft und den Niederschlägen vorhandenen Stickstoffverbindungen zu nutzen und das Auswaschen von Salpetersäure aus dem Boden zu verhindern. Der hieraus resultirende Stickstoffgewinn wird sich allerdings quantitativ immer in mässigen Grenzen halten.

Sicher dagegen ist durch die Rothamsted'er Versuche festgestellt, dass gewisse mit tief gehenden Wurzeln versehene Leguminosenarten sich

bedeutende Mengen von Stickstoffnahrung aus Regionen des Untergrunds zu holen vermögen, welche für andere Pflanzen immer unerreichbar bleiben.

Und für ebenso sicher halte ich, dass gewisse Leguminosenarten (wenn nicht alle) die Fähigkeit haben, unter Mithülfe von Mikroorganismen den freien, elementaren Stickstoff der Luft für ihre Ernährungszwecke zu nutzen, und denselben in Form von Eiweissstoffen anzusammeln. Diese Stickstoffquelle ist unerschöpflich und kann unter günstigen Umständen allein schon genügen, um den Bedarf der Leguminosen bis zu einer normalen, ja selbst üppigen Entwicklung zu decken.

Man sieht, es sind bereits Thatsachen genug bekannt, um

den alten von der Praxis aufgestellten und allezeit treu festgehaltenen Erfahrungssatz, dass die Leguminosen als wirthschaftlich bereichernde Pflanzen anzusehen seien, sowie

den Liebig'schen Ausspruch „der Angelpunkt jedes Fortschritts im Ackerbau ist, dass man lernt, aus den natürlichen Quellen soviel Stickstoff zu schöpfen, als man braucht“ und

das hierauf gegründete Schultz-Lupitz'sche Wirthschaftssystem — ebenso voll berechtigt wie wissenschaftlich erklärlich erscheinen zu lassen.

Allerdings ist dabei noch zu berücksichtigen, dass die auch den übrigen Culturpflanzen zugängliche Nahrungsquelle, d. h. der im Boden vorhandene Vorrath von assimilirbaren Stickstoffverbindungen von den Leguminosen keineswegs verschmäht, sondern ebensogut und immer zuerst genutzt wird.

Es ist deshalb ohne Weiteres vorauszusetzen, dass die bereichernde Wirkung der Leguminosen in allen humus- und stickstoffarmen Bodenarten nicht nur deutlicher sichtbar hervortreten, sondern in der That auch grösser sein wird, als in den besseren und besten Böden.

Nicht aber wird man nach meiner Meinung gezwungen sein, *a priori* daraus zu schliessen, dass dieselbe in allen reichen, in hohem Culturzustande befindlichen Bodenarten gleich Null, oder auch nur ungefähr gleich Null sein müsse.

Eine gute Ernte von Leguminosen enthält nicht nur mehr Stickstoff, als eine unter denselben Verhältnissen gewachsene und gleich gute von Cerealien, sondern verlangt auch mehr Stickstoffnahrung als jene; Bodenarten aber, die einen gröseren Vorrath assimilirbarer Stickstoffverbindungen enthalten, als zur Entwicklung einer guten Cerealienernte erfordert werden, sind selten.

Ich glaube, dass auf allen Bodenarten, auf welchen der Ertrag einer Getreideernte durch eine Stickstoffdüngung noch höher gesteigert werden kann, die bereichernde Wirkung der Leguminosen sich nicht nur geltend macht, sondern auch eine wirthschaftliche Bedeutung zu erlangen vermag,

und sicher gehört dahin die erdrückende Mehrheit aller landwirthschaftlich bebauten Ackerflächen.

Gewiss ist nicht der gesammte Stickstoffgehalt jeder beliebigen Leguminosenernte ohne Weiteres als Bodenbereicherung zu verrechnen, aber ein gewisser Theil desselben wird mit wenigen bestimmten Ausnahmen immer mit Recht als reiner Stickstoffgewinn anzusehen sein.

Wie gross dieser Gewinntheil ausfällt, hängt, wie gezeigt, von complicirteren Bedingungen ab und ist nur für jeden einzelnen Fall gesondert zu entscheiden.

Weitere Folgerungen für die landwirthschaftliche Praxis zu ziehen halte ich, solange über die Natur und die Lebensweise der bei der Stickstoffaufnahme der Leguminosen mitwirkenden Mikroorganismen nichts Näheres bekannt ist, noch nicht an der Zeit.

19.

Analytische Beläge zu den Stickstoffbestimmungen.

I. Ernteprodukte.

A. Nach **Dumas**'scher Methode mit dem Apparat und nach Vorschrift von Kreusler.

(D. Landwirthsch. Versuchs-Stationen. Bd. XXXI. S. 207 pp.)

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Menge, trocken	Beobacht. Gas-Volumen	Temperatur	Barometer auf 0° reducirt	Gefunden Stickstoff*)		Analytiker**)
		g	g	°C.	mm	mg	%	
			Jahrgang 1884.					
20.	Gerste Samen	1,0040	10,5	18	773.4	12,12	1,20	R.
85.	Erbsen Samen	0,8885	27,6	20	767,0	31,80	3.58	R.
90.	Erbsen Samen	0,8865	35,0	17	764,0	40,77	4,59	R.

*) Corrigirt durch Abzug von 0,32 mg für restirende Luft.

**) Anmerkung. R. = Dr. H. Roemer.
Wf. = Dr. H. Wilfarth.
M. = H. Moeller.
Wm. = G. Wimmer.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Menge, trocken g	Beobacht. Gas-Volumen g	Temperatur °C.	Barometer auf 0° reducirt mm	Gefunden Stickstoff mg	Gefunden Stickstoff %	Analytiker
			Jahrgang 1885.					
94.	Erbsen Samen	0,9348	39,4	19	765,0	45,60	4,87	R.
105.	Erbsen Samen	0.9880	45,6	16	757,0	52,95	5.36	R.
105.	Erbsen Stroh und Spreu	0,9410	21,0	20	767,0	24,11	2,56	R.
109.	Erbsen Samen	0.9435	42.6	20	761,0	48,84	5,15	R.
109.	Erbsen Stroh und Spreu	0,9403	10,5	17	765,0	12,02	1,28	R.

B. Nach **Varrentrapp-Will**'scher Methode.

20 ccm H_2SO_4 = 0,1334 g N.

Titrirflüssigkeiten:

a. 20.0 ccm NaOH = 20 ccm H_2SO_4 — 1 ccm NaOH = 0,00667 g N.
b. 54.2 ccm $Ba(OH)_2$ = 20 ccm H_2SO_4 — 1 ccm $Ba(OH)_2$ = 0,00246 g N.
c. 54.1 ccm $Ba(OH)_2$ = 20 ccm H_2SO_4 — 1 ccm $Ba(OH)_2$ = 0,00247 g N.
d. 54.6 ccm $Ba(OH)_2$ = 20 ccm H_2SO_4 — 1 ccm $Ba(OH)_2$ = 0,00244 g N.
e. 65,7 ccm $Ba(OH)_2$ = 20 ccm H_2SO_4 — 1 ccm $Ba(OH)_2$ = 0,00203 g N.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Trockenmasse g	Titerflüssigkeit der vorgelegten H_2SO_4 entsprachen ccm	Titerflüssigkeit verbraucht wurden ccm	Titerflüssigkeit Rest ccm	Stickstoff mg	Stickstoff %	Analytiker
			Gerste 1883.					
1.	Samen	1.3970	b. 54,2	44,9	9,3	22.89	1,64	R.
	Spreu	1.1472	d. 54.6	52,5	2.1	5.13	0.45	R.
		0.9035	d. 54.6	52,8	1.8	4,40	0,48	R.
	Stroh	1.0462	d. 54.6	52.6	2.0	4.89	0.47	R.
		1,1221	e. 65.7	63.3	2.4	4.87	0,43	R.
	Wurzeln (mit Sand)	10.0572	a. 20.0	19,1	0.9	6.00	—	R.
		10.3240	e. 65.7	62.5	3.2	6.50	—	R.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Trockenmasse g		Titerflüssigkeit: der vorgelegten H_2SO_4 entsprachen ccm	Titerflüssigkeit: verbraucht wurden ccm	Titerflüssigkeit: Rest ccm	Stickstoff mg	Stickstoff %	Analytiker
2 u. 4 zusammen.	Samen	1,3550	b.	54,2	46,5	7,7	18,95	1,40	R.
	Spreu	1,0225	c.	54,1	52,4	1,7	4,19	0,41	R.
		0,9720	e.	65,7	63,7	2,0	4,06	0,42	R.
	Stroh	0,9955	d.	54,6	52,7	1,9	4,64	0,47	R.
		1,0250	d.	54,6	52,7	1,9	4,64	0,45	R.
	Wurzeln	11,3151	d.	54,6	52,3	2,3	5,62	—	R.
	(mit Sand)	9,7713	e.	65,7	63,3	2,4	4,87	—	R.
5.	Samen	1,2977	b.	54,2	47,1	7,1	17,47	1,35	R.
	Spreu	1,2112	b.	54,2	52,1	2,0	4,93	0,41	R.
	Stroh	1,0000	d.	54,6	52,8	1,8	4,40	0,44	R.
		0,9639	d.	54,6	52,8	1,8	4,40	0,46	R.
	Wurzeln	10,8705	d.	54,6	52,4	2,2	5,38	—	R.
	(mit Sand)	9,9975	e.	65,7	63,4	2,3	4,67	—	R.
7 u. 8 zusammen.	Samen	1,3396	b.	54,2	47,2	7,0	17,23	1,29	R.
	Spreu	1,0120	c.	54,1	52,5	1,6	3,94	0,39	R.
	Stroh	1,0235	c.	54,1	52,4	1,7	4,19	0,41	R.
		1,0504	e.	65,7	63,6	2,1	4,26	0,41	R.
	Wurzeln	10,1150	e.	65,7	63,7	2,0	4,06	—	R.
	(mit Sand)	10,4095	d.	54,6	52,6	2,0	4,89	—	R.
9 u. 10 zusammen.	Samen	0,9112	c.	54,1	49,6	4,5	11,09	1,22	R.
	Spreu	0,7506	c.	54,1	53,0	1,1	2,71	0,36	R.
	Stroh	0,9862	c.	54,1	52,6	1,5	3,70	0,37	R.
		1,0300	e.	65,7	63,9	1,8	3,66	0,35	R.
	Wurzeln	7,4475	a.	20,0	19,2	0,8	5,34	—	R.
	(mit Sand)	3,8490	e.	65,7	64,2	1,5	3,05	—	R.
12.	Samen	0,9786	b.	54,2	49,4	4,8	11,81	1,21	R.
	Spreu	0,2170	c.	54,1	53,85	0,25	0,62	0,28	R.
	Stroh	0,9742	b.	54,2	52,9	1,3	3,20	0,33	R.
	Wurzeln	9,7275	d.	54,6	53,3	1,3	3,18	—	R.
	(mit Sand)	6,9712	e.	65,7	64,4	1,3	2,64	—	R.
13.	Ganze Pflanze		a.	20,0	19,2	0,8	5,34	—	R.
14.	Ganze Pflanze		a.	20,0	19,2	0,8	5,34	—	R.

Hafer. 1883.

35.	Samen	1,3895	b.	54,2	45,6	8,6	21,17	1,52	R.
	Spreu	1,0023	b.	54,2	48,8	5,4	13,19	1,32	R.
	Stroh	1,0005	b.	54,2	52,6	1,6	3,94	0,39	R.
		0,9355	b.	54,2	52,7	1,5	3,69	0,39	R.
	Wurzeln	10,4852	a.	20,0	19,5	0,5	0,03	—	R.
	(mit Sand)	10,4330	a.	20,0	19,5	0,5	0,03	—	R.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Trockenmasse g	Titerflüssigkeit: der vorgelegten H_2SO_4 entsprachen ccm	Titerflüssigkeit: verbraucht wurden ccm	Titerflüssigkeit: Rest ccm	Stickstoff mg	Stickstoff %	Analytiker
36u.37 zusammen.	Samen	1,4188	b. 54.2	46.3	7.9	19.44	1,37	R.
	Spreu	1.3607	b. 54.2	47.2	7.0	17.23	1,27	R.
	Stroh	1.2595	b. 54.2	52.3	1.9	4.68	0.37	R.
		1.0377	b. 54.2	52.6	1.6	3.93	0,37	R.
	Wurzeln (mit Sand)	10.9880	c. 65.7	63.9	1.8	3.66	—	R.
		10.6527	a. 20,0	19.5	0,5	3.34	—	R.
38.	Samen	1,3210	b. 54,2	46.8	7.4	18,21	1,38	R.
	Spreu	0,5168	b. 54.2	51.7	2.5	6.15	1,20	R.
	Stroh	1,1220	b. 54.2	52,7	1,5	3.69	0,33	R.
	Wurzeln (mit Sand)	9,4978	c. 65.7	62,8	2.9	5,89	—	R.
		10.0562	a. 20,0	19,0	1,0	6.67	—	R.
40u.41 zusammen.	Samen	1.5157	b. 54.2	46.1	8.1	19,93	1,32	R.
		1,2715	b. 54,2	47.4	6.8	16,74	1,32	R.
	Spreu	0.5925	b. 54.2	51,4	2.8	6.89	1.16	R.
	Stroh	1,3209	b. 54.2	52.3	1.9	4.68	0.35	R.
		1.1133	c. 65.7	63.9	1.8	3.66	0,33	R.
	Wurzeln (mit Sand)	10.1124	a. 20.0	19.5	0.5	3.34	—	R.
		10.9762	c. 65.7	64.1	1.6	3.25	—	R.
42u.43 zusammen.	Samen	1.1814	b. 54.2	47.8	6,4	15,75	1.33	R.
		1,4080	b. 54,2	46.6	7.6	18,70	1,33	R.
	Spreu	0,2978	b. 54.2	52,8	1,4	3.45	1.16	R.
	Stroh	1.1042	b. 54.2	52.8	1,4	3,45	0.31	R.
	Wurzeln (mit Sand)	10.0682	a. 20,0	19.3	0.7	4.67	—	R.
		10.8735	c. 65,7	63.5	2.2	4.47	—	R.
45.	Ganze Pflanze		a. 20.0	19,3	0.7	4.67	—	R.
46.	Ganze Pflanze		a. 20,0	19.2	0,8	5.34	—	R.

C. Nach **Kjeldahl-Wilfarth**'scher Methode.

20 ccm H_2SO_4 { 1. = 0,1355 g N. 3. = 0,1359 g N. / 2. = 0,1353 g N. 4. = 0.1303 g N.

Titrirflüssigkeiten:

f. 60.00 ccm $H_4N(OH)$ = 20 ccm H_2SO_4 — 1 ccm $H_4N(OH)$ = 0,00226 g N.
g. 55,50 ccm NaOH = 20 ccm H_2SO_4 — 1 ccm NaOH = 0,00243 g N.
h. 54.98 ccm NaOH = 20 ccm H_2SO_4 — 1 ccm NaOH = 0,00246 g N.
i. 40.20 ccm $Ba(OH)_2$ = 20 ccm H_2SO_4 — 1 ccm $Ba(OH)_2$ = 0,00343 g N.
k. 42.20 ccm NaOH = 20 ccm H_2SO_4 — 1 ccm NaOH = 0,00320 g N.
m. 39,55 ccm $Ba(OH)_2$ = 20 ccm H_2SO_4 — 1 ccm $Ba(OH)_2$ = 0,00338 g N.
n. 55,00 ccm NaOH = 20 ccm H_2SO_4 — 1 ccm NaOH = 0,00247 g N.
o. 51.20 ccm NaOH = 20 ccm H_2SO_4 — 1 ccm NaOH = 0,00266 g N.
p. 51.00 ccm NaOH = 20 ccm H_2SO_4 — 1 ccm NaOH = 0,00267 g N.
r. 53.20 ccm NaOH = 20 ccm H_2SO_4 — 1 ccm NaOH = 0,00245 g N.

Vorgeschlagen wurden theils 20 ccm, theils 10 ccm H_2SO_4.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Trockenmasse g	Titerflüssigkeit: der vorgelegten H_2SO_4 entsprachen ccm	Titerflüssigkeit: verbraucht wurden ccm	Rest ccm	Stickstoff mg	Stickstoff %	Analytiker
Gerste 1884.								
15.	Samen	0,7540 g.	55,50	49,78	5,72	13,89	1,84	Wm.
	Samen	0,9672 m.	40,35*)	35,10	5,25	17,72	1,83	Wf.
	Spreu	0,9330 g.	55,50	53,15	2,35	5,71	0,61	Wm.
	Stroh	1,4630 g.	55,50	52,05	3,45	8,38	0,57	Wm.
	Stroh	1,9068 m.	39,55	36,20	3,35	11,31	0,59	Wf.
	Wurzeln**)	1,5385 g.	55,50	50,20	5,30	12,88	0,84	Wm.
17 u. 18 zusammen.	Samen	1,7997 g.	55,50	44,30	11,20	27,21	1,51	Wm.
	Spreu	1,6610 g.	55,50	52,00	3,50	8,50	0,51	Wm.
	Stroh	1,5200 g.	55,50	52,60	2,90	7,04	0,46	Wm.
	Stroh	0,7155 h.	54,98	53,70	1,28	3,15	0,44	Wm.
	Wurzeln	1,8688 g.	55,50	50,30	5,20	12,63	0,68	Wm.
20.	Samen	0,9365 g.	55,50	50,30	5,20	12,63	1,35	Wm.
	Spreu	0,8920 g.	55,50	53,85	1,65	3,89	0,44	Wm.
	Stroh	1,3495 g.	55,50	53,60	1,90	4,62	0,34	Wm.
	Stroh	1,8900 m.	39,55	37,60	1,95	6,58	0,35	Wf.
	Wurzeln	1,1505 g.	55,50	52,40	3,10	7,53	0,66	Wm.
21 u. 22 zusammen.	Samen	0,9500 g.	55,50	50,38	5,12	12,44	1,31	Wm.
	Spreu	0,6320 g.	55,50	54,30	1,20	2,91	0,46	Wm.
	Stroh	2,1980 g.	55,50	52,10	3,40	8,26	0,38	Wm.
	Wurzeln	1,6935 g.	55,50	51,50	4,00	9,72	0,57	Wm.
23.	Samen	0,7385 g.	55,50	52,10	3,40	8,26	1,12	Wm.
	Spreu	0,2450 g.	55,50	55,00	0,50	1,21	0,49	Wm.
	Stroh	1,0772 g.	55,50	54,00	1,50	3,64	0,34	Wm.
	Wurzeln	0,6370 g.	55,50	53,98	1,52	3,69	0,58	Wm.
Gerste. 1885.								
26.	Samen	1,3700 h.	54,98	48,00	6,98	17,13	1,25	Wm.
	Stroh Spreu	0,8270 h.	54,98	53,60	1,38	3,39	0,41	Wm.
27.	Samen	0,7262 g.	27,75	23,62	4,13	10,03	1,38	Wm.
	Stroh Spreu	0,6440 g.	27,75	27,00	0,75	1,82	0,28	Wm.
29.	Ganze Pflanze	0,3440 g.	27,75	26,80	0,95	2,27	0,66	Wm.
30.	Ganze Pflanze	0,4074 g.	27,75	27,02	0,73	1,75	0,43	Wm.

*) Es waren 20,4 ccm H_2SO_4 vorgeschlagen.

**) Soweit die Kjeldahl'sche Methode benutzt wurde, bedeutet die zur Analyse verwendete Menge immer auch bei den Wurzeln nur wirkliche Pflanzensubstanz. Dieselbe ist in der Weise ermittelt, dass eine bestimmte Quantität sandhaltiger Wurzelmasse in den Zersetzungskolben eingebracht und der Sand nach beendigter Operation ausgewaschen und zurückgewogen wurde.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Trockenmasse g	Titerflüssigkeit: der vorgelegten H_2SO_4 entsprachen ccm	Titerflüssigkeit: verbraucht wurden ccm	Titerflüssigkeit: Rest ccm	Stickstoff: mg	Stickstoff: %	Analytiker
			Hafer. 1884.					
47 u. 49 zusammen.	Samen	0.8580	h. 54,98	50.40	4.58	11.38	1.31	Wm.
	Spreu	1.0630	f. 60,00	55.30	4,70	10.63	1,00	Wm.
	Stroh	2,0050	f. 60,00	57,80	2.20	4.97	0.25	Wm.
		2.1325	f. 60,00	57.80	2,20	4,97	0,23	Wm.
	Wurzeln	1,0070	f. 60,00	57,80	2.20	4.97	0,49	Wm.
50 u. 51 zusammen.	Samen	0,7315	h. 54,98	51.20	3,78	9,31	1.27	Wm.
	Spreu	0,5905	f. 60,00	57,80	2.20	4.98	0,84	Wm.
	Stroh	1.1355	h. 54,98	53,82	1.16	2.86	0,25	Wm.
	Wurzeln	0.8385	f. 60,00	58,20	1.80	4,07	0,49	Wm.
53 u. 55 zusammen.	Samen	1.5675	i. 40.20	34,60	5.60	19,21	1,23	Wf.
		1,4345	i. 40.20	34,80	5.40	18,52	1.29	Wf.
	Spreu	0.2880	f. 60,00	59.10	0.90	2.04	0.71	Wm.
	Stroh	1.9410	f. 60,00	58.00	2.00	4.52	0.23	Wm.
	Wurzeln	1.2605	g. 55.50	52.80	2.70	6.56	0.52	Wm.
			Hafer. 1885.					
56.	Samen	0.7900	h. 54.98	50.43	4.55	10,22	1.42	Wm.
	Stroh, Spreu	0.6120	g. 27,75	27.00	0.75	1.77	0.29	Wm.
58.	Samen	0.7578	h. 54,98	50,88	4.10	10,08	1,33	Wm.
	Spreu, Stroh	0.4848	g. 27,75	27.23	0.52	1.26	0,26	Wm.
60.	Ganze Pflanze	0,3060	g. 27,75	26.70	1,05	2.54	0,83	Wm.
61.	Ganze Pflanze	0.3670	g. 27.75	26.20	1,55	3.74	1.02	Wm.
			Erbsen. 1883.					
66.	Samen	2,0000	f. 60,00	34.30	25.70	58.13	2,91	Wm.
	Spreu, Stroh	2,0000	f. 60,00	54.10	5,90	13,35	0.67	Wm.
	Wurzeln	0,2510	g. 27,75	25,05	2,70	6.56	2,61	Wm.
67.	Samen	1,5000	f. 60.00	38,90	21,10	47,73	3,18	Wm.
	Spreu, Stroh	2,000	f. 60,00	51,85	8,15	18,44	0,92	Wm.
	Wurzeln	0.4569	g. 27,75	22,70	5,05	12,27	2,68	Wm.
71.	Samen	1.5000	f. 60,00	43,40	16,60	37,55	2,51	Wm.
	Spreu, Stroh	2.000	f. 60.00	54,00	6,00	13,57	0.68	Wm.
	Wurzeln	0.2535	h. 54.98	52.10	2,88	7,09	2.79	Wm.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Trockenmasse		Titerflüssigkeit: der vorgelegten H_2SO_4 entsprachen	Titerflüssigkeit: verbraucht wurden	Titerflüssigkeit: Rest	Stickstoff		Analytiker
		g		ccm	ccm	ccm	mg	%	
72.	Samen	1,0955	g.	55,50	43,10	12,40	30,12	2,75	Wm.
	Spreu	0,3330	g.	55,50	54,70	0,80	1,94	0,58	Wm.
	Stroh	1,6770	g.	55,50	43,35	12,15	29,51	1,77	Wm.
	Wurzeln	0,3365	h.	27,49	22,95	4,54	11,18	3,32	Wm.
74.	Samen	0,6330	f.	60,00	52,20	7,80	17,64	2,78	Wm.
	Spreu, Stroh	2,0000	f.	60,00	52,50	7,50	16,96	0,85	Wm.
	Wurzeln	0,2965	h.	54,98	51,64	3,34	8,22	2,77	Wm.
76.	Samen, Spreu, Stroh	1,7810	f.	60,00	50,60	9,40	21,26	1,19	Wm.
	Wurzeln	0,2195	g.	27,75	25,65	2,10	5,10	2,32	Wm.
78.	Samen	1,2840	f.	60,00	46,40	13,60	30,76	2,39	Wm.
	Spreu, Stroh	2,3685	f.	60,00	51,50	8,50	19,23	0,81	Wm.
	Wurzeln	0,4651	g.	27,75	24,90	2,85	6,92	1,49	Wm.
79.	Samen	1,5190	f.	60,00	44,50	15,50	35,06	2,31	Wm.
	Spreu, Stroh	1,9330	f.	60,00	50,30	9,70	21,94	1,14	Wm.
	Wurzeln	0,2350	g.	27,75	24,90	2,85	6,92	2,94	Wm.
	Erbsen. 1884.								
80.	Samen	0,6225	g.	27,75	17,10	10,65	25,87	4,15	Wm.
	Spreu	0,5140	g.	27,75	26,41	1,34	3,26	0,63	Wm.
	Stroh	0,8110	g.	27,75	25,15	2,60	6,32	0,78	Wm.
	Wurzeln	0,2765	g.	27,75	25,40	2,35	5,71	2,06	Wm.
81.	Samen	0,5755	g.	27,75	19,65	8,10	19,68	3,42	Wm.
	Spreu	0,5050	g.	27,75	26,70	1,05	2,55	0,51	Wm.
	Stroh	0,7210	g.	27,75	24,50	3,25	7,89	1,09	Wm.
	Wurzeln	0,6764	g.	27,75	22,60	5,15	12,51	1,85	Wm.
83.	Samen	0,7220	g.	27,75	18,30	9,45	21,15	2,93	Wm.
	Spreu	0,5175	g.	27,75	26,50	1,25	3,04	0,59	Wm.
	Stroh	0,7640	g.	27,75	24,00	3,75	9,11	1,19	Wm.
84.	Samen	0,8655	g.	27,75	16,40	11,35	27,57	3,18	Wm.
	Spreu	0,4578	g.	27,75	26,85	0,90	2,19	0,48	Wm.
	Stroh	0,7910	g.	27,75	24,90	2,85	6,92	0,87	Wm.
	Wurzeln	0,2745	g.	27,75	25,10	2,65	6,44	2,35	Wm.
85.	Samen	0,5860	g.	55,50	46,90	8,60	20,89	3,57	Wm.
	Spreu, Stroh	2,0650	f.	60,00	50,30	9,70	21,94	1,06	Wm.
	Wurzeln	0,3925	g.	27,75	23,30	4,45	10,81	2,75	Wm.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Trockenmasse g		Titerflüssigkeit: der vorgelegten H_2SO_4 entsprachen ccm	Titerflüssigkeit: verbraucht wurden ccm	Rest ccm	Stickstoff: mg	Stickstoff: %	Analytiker
87.	Samen	0,7170	g.	27,75	16,50	11,25	27,33	3,81	Wm.
	Spreu	0,5543	g.	27,75	26,20	1,55	3,77	0,68	Wm.
	Stroh	0,9335	g.	27,75	23,20	4,55	11,05	1,18	Wm.
	Wurzeln	0,3240	g.	27,75	24,35	3,40	8,26	2,55	Wm.
89.	Samen	1,0095	f.	60,00	43,10	16,90	38,23	3,79	Wm.
	Spreu + Stroh	1,7937	f.	60,00	49,00	11,00	24,88	1,38	Wm.
	Wurzeln	0,3965	g.	27,75	23,90	3,85	9,35	2,36	Wm.
90.	Samen	0,7442	g.	55,50	41,80	13,70	33,28	4,47	Wm.
	Spreu + Stroh	1,9435	k.	42,20	32,95	9,25	29,58	1,52	Wm.
	Wurzeln	0,6020	g.	27,75	20,25	7,50	18,22	3,02	Wm.
91.	Samen	0,8915	g.	27,75	17,35	10,40	25,24	2,83	Wm.
	Spreu	0,4625	n.	27,50	26,60	0,90	2,22	0,47	Wm.
	Stroh	1,0465	g.	27,75	23,05	4,70	11,42	1,09	Wm.
	Wurzeln	0,3059	g.	27,75	25,30	2,45	5,95	1,94	Wm.
	Erbsen. 1885.								
94.	Samen	1,5770	i.	40,20	18,50	21,70	74,43	4,72	Wf.
	Samen	1,4090	i.	40,20	21,10	19,10	65,51	4,65	Wf.
	Spreu	1,9340	i.	40,20	34,20	6,00	20,58	1,06	Wf.
	Stroh	1,8250	i.	40,20	34,40	5,80	19,89	1,09	Wf.
	Wurzeln	0,6195	g.	55,50	46,40	9,10	22,10	3,58	Wm.
95.	Samen	0,8557	g.	27,75	12,50	15,25	37,05	4,33	Wm.
	Spreu	0,8385	g.	27,75	25,83	1,92	4,69	0,56	Wm.
	Stroh	0,5095	g.	27,75	25,00	2,75	6,67	1,31	Wm.
	Wurzeln	0,5180	g.	27,75	21,20	6,55	14,90	3,07	Wm.
98.	Samen	1,1470	i.	40,20	28,00	12,20	41,85	3,65	Wf.
	Samen	2,0380	i.	40,20	18,30	21,90	75,12	3,68	Wf.
	Spreu	1,7370	i.	40,20	37,00	3,20	10,98	0,63	Wf.
	Stroh	1,8940	i.	40,20	36,60	3,60	12,35	0,65	Wf.
	Wurzeln	0,6055	g.	55,50	49,42	6,08	14,77	2,44	Wm.
102.	Samen	0,6681	g.	27,75	15,82	11,98	28,93	4,33	Wm.
	Spreu	0,6895	g.	27,75	25,90	1,85	4,49	0,65	Wm.
	Stroh	0,5078	g.	27,75	24,04	3,71	9,01	1,77	Wm.
	Wurzeln	0,2840	g.	55,50	53,45	2,05	4,98	1,75	Wm.
104.	Samen	0,5120	g.	27,75	20,05	7,70	18,70	3,65	Wm.
	Spreu	0,2636	g.	27,75	26,80	0,95	2,31	0,87	Wm.
	Stroh	0,4270	g.	27,75	25,10	2,65	6,49	1,50	Wm.
	Wurzeln	0,3482	g.	27,75	25,15	2,60	6,32	1,82	Wm.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Trockenmasse g	Titerflüssigkeit: der vorgelegten H_2SO_4 entsprachen ccm	Titerflüssigkeit: verbraucht wurden ccm	Titerflüssigkeit: Rest ccm	Stickstoff mg	Stickstoff %	Analytiker
105.	Samen	1,7270	i.	40,20	13,40	26,80	91,92	5,32	Wf.
		1,3260	i.	40,20	19,60	20,60	70,66	5,33	Wf.
	Spreu	1,9620	i.	40,20	26,15	14,05	48,19	2,46	Wf.
	Stroh	1,5870	i.	40,20	28,70	11,50	39,44	2,49	Wf.
	Wurzeln	0,8280	g.	55,50	41,10	14,40	34,98	4,22	Wm.
		0,7620	k.	27,49	13,64	13,85	34,10	4,47	Wm.
108.	Samen	0,9015	g.	27,75	11,70	16,05	38,99	4,32	Wm.
	Spreu	0,7001	g.	27,75	26,20	1,55	3,77	0,54	Wm.
	Stroh	0,6030	g.	27,75	24,70	3,05	7,41	1,23	Wm.
	Wurzeln	0,6195	g.	55,50	50,70	4,80	10,66	1,72	Wm.
109.	Samen	1,2625	i.	40,20	21,80	18,40	63,11	5,00	Wf.
		1,6635	i.	40,20	15,80	24,40	83,69	5,03	Wf.
	Spreu	1,6900	i.	40,20	34,60	5,60	19,21	1,14	Wf.
	Stroh	2,0555	i.	40,20	33,40	6,80	23,32	1,13	Wf.
	Wurzeln	0,6340	g.	27,75	20,45	7,30	16,42	2,59	Wm.
111.	Samen	1,4040	i.	40,20	24,50	15,70	53,85	3,83	Wf.
		1,7820	i.	40,20	20,60	19,60	67,23	3,77	Wf.
	Spreu	1,9280	i.	40,20	36,20	4,00	13,72	0,71	Wf.
	Stroh	1,7775	i.	40,20	36,40	3,80	13,03	0,73	Wf.
	Wurzeln	0,4695	g.	27,75	24,30	3,45	8,38	1,78	Wm.
112.	Samen	1,4440	i.	40,20	22,50	17,70	60,71	4,20	Wf.
		1,7540	i.	40,20	18,60	21,60	74,09	4,22	Wf.
	Spreu	2,0330	i.	40,20	34,80	5,40	18,52	0,91	Wf.
	Stroh	1,6777	i.	40,20	35,60	4,60	15,78	0,94	Wf.
	Wurzeln	0,4107	g.	55,50	52,01	3,49	8,46	2,06	Wm.
113.	Samen	1,6658	h.	54,98	28,90	26,08	64,21	3,86	Wm.
	Spreu	0,5785	h.	54,98	53,60	1,38	3,40	0,58	Wm.
	Stroh	0,6580	g.	27,75	24,40	3,35	7,63	1,16	Wm.
	Wurzeln	0,4343	g.	27,75	24,00	3,75	9,11	2,09	Wm.
115.	Samen	0,3292	g.	27,75	22,30	5,45	13,24	4,02	Wm.
	Spreu	0,3880	g.	27,75	25,70	2,05	4,98	1,28	Wm.
	Stroh	0,2100	g.	27,75	26,55	1,20	2,92	1,39	Wm.
	Wurzeln	0,2362	g.	55,50	54,0	1,50	3,64	1,54	Wm.
Zur Aussaat benutzte	Samen	2,0275	h.	54,98	22,20	32,78	80,69	3,98	Wm.
		1,2360	h.	54,98	34,82	20,16	49,56	4,01	Wm.
Gerste. 1886.									
119.	Samen	1,1440	p.	25,50	20,50	5,00	13,33	1,17	Wm.
	Spreu Stroh	1,4630	n.	55,00	52,25	2,75	7,79	0,53	Wm.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Trockenmasse g	Titerflüssigkeit der vorgelegten H_2SO_4 entsprachen ccm	Titerflüssigkeit verbraucht wurden ccm	Titerflüssigkeit Rest ccm	Stickstoff mg	Stickstoff %	Analytiker
121.	Samen	2,1140	n. 55,00	46,21	8,79	21,71	1,02	Wm.
	Spreu Stroh	1,5085	n. 55,00	52,50	2,50	7,17	0,48	Wm.
122.	Spreu Stroh	0,3095	n. 27,50	26,60	0,90	2,22	0,72	Wm.
123.	Samen	0,0320	o. 25,60	25,30	0,30	0,80	2,49	Wm.
	Spreu Stroh	0,4935	n. 27,50	26,25	1,25	3,09	0,63	Wm.
	Hafer. 1886.							
124.	Samen	1,2785	n. 55,00	48,18	6,82	16,85	1,32	Wm.
	Spreu Stroh	1,3910	n. 27,50	25,00	2,50	6,18	0,44	Wm.
126.	Samen	1,9910	n. 27,50	17,80	9,70	23,96	1,20	Wm.
	Spreu Stroh	1,9010	n. 55,00	52,40	2,60	6,42	0,34	Wm.
128.	Spreu Stroh	0,2680	n. 27,50	26,80	0,70	1,73	0,65	Wm.
129.	Samen Spreu Stroh	0,2925	n. 27,50	26,90	0,60	1,48	0,57	Wm.
	Hafer. 1887.							
214.	Samen	0,0670	n. 27,50	27,18	0,32	0,79	1,18	Wm.
	Spreu	0,0260	n. 27,50	27,35	0,15	0,37	1,42	Wm.
	Stroh	0,4960	n. 27,50	26,08	1,42	3,51	0,71	Wm.
	Wurzeln	0,3193	n. 27,50	26,67	0,83	2,05	0,64	Wm.
215.	Samen	0,0350	n. 27,50	27,38	0,12	0,29	0,85	Wm.
	Spreu	0,0600	n. 27,50	27,30	0,20	0,49	0,82	Wm.
	Stroh	0,5080	n. 27,50	26,26	1,24	3,06	0,60	Wm.
	Wurzeln	0,3763	n. 27,50	26,50	1,00	2,47	0,66	Wm.
216.	Samen	0,0480	n. 27,50	27,15	0,35	0,86	1,80	Wm.
	Spreu	0,0940	n. 27,50	27,10	0,40	0,99	1,05	Wm.
	Stroh	0,5170	n. 27,50	26,37	1,13	2,79	0,54	Wm.
	Wurzeln	0,3205	n. 27,50	26,68	0,82	2,03	0,63	Wm.
217.	Samen	0,1580	n. 27,50	26,49	1,01	2,49	1,58	Wm.
	Spreu	0,0690	n. 27,50	27,28	0,22	0,54	0,79	Wm.
	Stroh	0,5110	n. 27,50	26,65	0,85	2,10	0,41	Wm.
	Wurzeln	0,3424	n. 27,50	26,90	0,60	1,42	0,43	Wm.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Trockenmasse g	Titerflüssigkeit der vorgelegten H_2SO_4 entsprachen ccm	Titerflüssigkeit verbraucht wurden ccm	Titerflüssigkeit Rest ccm	Stickstoff mg	Stickstoff %	Analytiker
218.	Samen	0,1450	n. 27,50	26,68	0,82	2,03	1.39	Wm.
	Spreu	0,0610	n. 27,50	27,33	0,17	0,42	0.69	Wm.
	Stroh	0,4520	n. 27,50	26,70	0,80	1,97	0,44	Wm.
	Wurzeln	0,6545	n. 27,50	26,53	0,97	2,40	0,37	Wm.
219.	Samen	0,0920	n. 27,50	26,85	0,65	1,61	1,74	Wm.
	Spreu	0,0790	n. 27.50	27,21	0,29	0,72	0,91	Wm.
	Stroh	0,4970	n. 27,50	26,42	1,08	2,67	0,54	Wm.
	Wurzeln	0,2726	n. 27,50	26,90	0,60	1,42	0,54	Wm.
220.	Samen	1,3760	n. 27,50	18,73	8,77	21,66	1,57	Wm.
	Spreu, Stroh	1,1898	n. 27,50	25,68	1,82	4,49	0,38	Wm.
	Wurzeln	0,6346	n. 27,50	25,95	1,55	3,83	0.60	Wm.
221.	Samen	1,5270	n. 27,50	18,25	9,25	22,85	1,49	Wm.
	Spreu, Stroh	1,2805	n. 27,50	25,80	1,70	4.19	0.33	Wm.
	Wurzeln	0,7812	n. 27,50	26,20	1,30	3,21	0,41	Wm.
222.	Samen	1,2140	n. 27,50	21,00	6,50	16,05	1.32	Wm.
	Spreu	0,6380	n. 27,50	25,41	2,09	5,16	0,81	Wm.
	Stroh	1,5210	n. 27,50	26,28	1,22	3,01	0,19	Wm.
	Wurzeln	0,9398	n. 27,50	25,42	2,08	5,14	0,55	Wm.
223.	Samen	1,1565	n. 27,50	21,03	6,47	15,98	1,38	Wm.
	Stroh	1.7455	n. 27,50	25,70	1,80	4,45	0,25	Wm.
	Wurzeln	0,5360	n. 27,50	26,25	1,25	3,09	0,58	Wm.
224.	Samen	1,2260	n. 27,50	19,70	7,80	19,27	1,57	Wm.
	Spreu, Stroh	1.0359	n. 27,50	26,10	1,40	3,46	0,33	Wm.
	Wurzeln	1,0097	n. 27,50	25,42	2,08	5,14	0,51	Wm.
225.	Samen	1.2970	n. 27,50	19,85	7,65	18,89	1,46	Wm.
	Spreu, Stroh	1,1250	n. 27,50	26,10	1,40	3,46	0,31	Wm.
	Wurzeln	0,7969	n. 27.50	25,80	1.70	4,20	0,53	Wm.
226.	Samen	1,2570	n. 27,50	18,80	8,70	21,49	1,71	Wm.
	Spreu	1,0620	n. 27,50	24,02	3,48	8,59	0,81	Wm.
	Stroh	1,7360	n. 27,50	25,90	1,60	3,95	0,23	Wm.
	Wurzeln	0.7108	n. 27.50	26.10	1,40	3,46	0,49	Wm.
227.	Samen	1,1343	n. 27,50	20,60	6,90	17,04	1,50	Wm.
	Spreu	0.6505	n. 27,50	25,30	2,20	5,43	0,84	Wm.
	Stroh	1,4170	n. 27.50	26,05	1,45	3,58	0,25	Wm.
	Wurzeln	0,9689	o. 25,60	23,30	2,30	6,11	0,63	Wm.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Trockenmasse g	Titerflüssigkeit: der vorgelegten H_2SO_4 entsprachen ccm	Titerflüssigkeit: verbraucht wurden ccm	Rest ccm	Stickstoff: mg	Stickstoff: %	Analytiker
228.	Samen	1,0665	n.	27,50	20,95	6,55	16,18	1,51	Wm.
	Spreu + Stroh	1,1280	n.	27,50	26,01	1,49	3,68	0,32	Wm.
	Wurzeln	0,7317	n.	27,50	26,02	1,48	3,65	0,50	Wm.
229.	Samen	1,3730	n.	27,50	19,21	8,29	20,48	1,49	Wm.
	Spreu + Stroh	0,9550	n.	27,50	26,10	1,40	3,46	0,36	Wm.
	Wurzeln	0,9465	n.	27,50	25,70	1,80	4,45	0,47	Wm.
230.	Samen	1,2795	n.	27,50	20,04	7,46	18,87	1,47	Wm.
	Spreu	0,5335	n.	27,50	24,90	2,60	6,42	1,20	Wm.
	Stroh	1,4095	n.	27,50	25,98	1,52	3,75	0,27	Wm.
	Wurzeln	1,3235	n.	55,00	52,45	2,55	6,10	0,46	Wm.
231.	Samen	1,2745	n.	27,50	20,48	7,02	17,34	1,36	Wm.
	Spreu	1,0320	n.	27,50	23,99	3,51	8,67	0,84	Wm.
	Stroh	1,2328	n.	27,50	26,48	1,02	2,52	0,20	Wm.
	Wurzeln	1,0770	n.	27,50	25,38	2,12	5,24	0,48	Wm.
232.	Samen	0,2340	n.	27,50	25,78	1,72	4,25	1,81	Wm.
	Spreu	0,0800	n.	27,50	27,22	0,28	0,69	0,86	Wm.
	Stroh	0,6670	n.	27,50	26,34	1,16	2,86	0,43	Wm.
	Wurzeln	0,5095	n.	27,50	26,25	1,25	3,09	0,61	Wm.
233.	Samen	0,2930	n.	27,50	25,60	1,90	4,69	1,60	Wm.
	Spreu	0,0630	n.	27,50	27,30	0,20	0,49	0,78	Wm.
	Stroh	0,6900	n.	27,50	26,39	1,11	2,74	0,39	Wm.
	Wurzeln	0,5183	n.	27,50	26,28	1,22	3,01	0,58	Wm.
Zur Aussaat benutzte	Samen	0,8390	p.	51,00	45,75	5,25	14,00	1,67	Wm.

Buchweizen. 1887.

234.	Spreu + Stroh	0,0350	p.	25,50	25,10	0,40	1,07	3,05	Wm.
235.	Samen	0,0090	p.	25,50	25,35	0,15	0,40	4,44	Wm.
	Spreu + Stroh	0,0510	p.	25,50	25,00	0,50	1,33	2,61	Wm.
236.	Spreu + Stroh	0,0230	p.	25,50	25,08	0,42	1,12	4,87	Wm.
237.	Spreu + Stroh	0,0400	p	25,50	25,08	0,42	1,12	2,80	Wm.
238.	Spreu + Stroh	,0420	p.	25,50	25,10	0,40	1,07	2,54	Wm.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Trockenmasse g	Titerflüssigkeit: der vorgelegten H_2SO_4 entsprachen ccm	Titerflüssigkeit: verbraucht wurden ccm	Titerflüssigkeit: Rest ccm	Stickstoff mg	Stickstoff %	Analytiker
239.	Samen	0,0040	p. 25,50	25,42	0,08	0,21	5,33	Wm.
	Spreu Stroh	0,0610	p. 25,50	25,05	0,45	1,20	1,97	Wm.
240.	Samen	0,0830	p. 25,50	25,04	0,46	1,23	1,48	Wm.
	Spreu Stroh	0,1890	p. 25,50	24,77	0,73	1,95	1,03	Wm.
241.	Samen	0,0130	p. 25,50	25,38	0,12	0,32	2,46	Wm.
	Spreu Stroh	0,1440	p. 25,50	24,77	0,73	1,95	1,35	Wm.
Zur Aussaat benutzte	Samen	1,1976	p. 51,00	42,73	8,27	22,05	1,84	Wm.

Serradella. 1887.

242.	Stroh Wurzeln	0,0920	n. 27,50	27,00	0,50	1,23	1,34	Wm.
243.	Stroh Wurzeln	0,0625	n. 27,50	27,03	0,47	1,16	1,85	Wm.
244.	Früchte	1,3475	n. 55,00	36,70	18,30	45,20	3,36	Wm.
	Stroh	2,3568	n. 27,50	10,81	16,69	41,22	1,75	Wm.
	Wurzeln	0,8711	n. 27,50	18,15	9,35	22,09	2,65	Wm.
245.	Früchte	1,2885	n. 55,00	36,15	18,85	46,56	3,61	Wm.
	Stroh	2,1142	n. 27,50	11,40	16,10	39,77	1,88	Wm.
	Wurzeln	1,6165	n. 27,50	9,61	17,89	44,19	2,73	Wm.
246.	Stroh Wurzeln	0,0840	n. 27,50	27,10	0,40	0,99	1,18	Wm.
247.	Stroh Wurzeln	0,1090	n. 27,50	26,95	0,55	1,36	1,25	Wm.
248.	Früchte	1,2725	n. 27,50	3,35	24,15	59,65	4,69	Wm.
	Stroh	0,4140	n. 27,50	17,25	10,25	25,32	1,79	Wm.
	Wurzeln	1,6010	n. 55,00	36,03	18,97	46,85	2,77	Wm.
249.	Früchte	0,6571	n. 27,50	15,78	11,72	28,95	4,41	Wm.
	Stroh	1,6636	n. 27,50	13,75	13,75	33,96	2,04	Wm.
	Wurzeln	1,1890	n. 27,50	14,25	13,25	32,69	2,75	Wm.
250.	Früchte	0,1790	n. 27,50	24,80	2,70	6,77	3,78	Wm.
	Stroh	2,2479	n. 27,50	11,40	16,10	39,77	1,77	Wm.
	Wurzeln	1,4391	n. 27,50	12,48	15,02	37,10	2,58	Wm.
251.	Stroh	1,0617	n. 27,50	18,68	8,82	21,79	2,05	Wm.
	Wurzeln	1,0690	n. 27,50	16,50	11,00	27,17	2,54	Wm.
252.	Stroh Wurzeln	0,0750	n. 27,50	27,08	0,42	1,03	1,38	Wm.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Trockenmasse g	Titerflüssigkeit: der vorgelegten H_2SO_4 entsprachen ccm	Titerflüssigkeit: verbraucht wurden ccm	Titerflüssigkeit: Rest ccm	Stickstoff mg	Stickstoff %	Analytiker
253.	Stroh	0.0545	n. 27,50	27,20	0,30	0,74	1,36	Wm.
	Wurzeln							
254.	Stroh	1,9245	n. 27,50	20,80	6,70	16,55	0.86	Wm.
	Wurzeln	0,5989	n. 27,50	24,19	3,31	8,18	1,37	Wm.
255.	Stroh	2,0780	n. 27,50	20,13	7,37	18,20	0,88	Wm.
	Wurzeln	0.4348	n. 27,50	25,18	2,32	5,73	1,32	Wm.
256.	Früchte	0,2135	n. 27,50	25,70	1,80	4,24	1,94	Wm.
	Stroh	1,7554	n. 27,50	20,55	6,95	17,17	0,97	Wm.
	Wurzeln	0,2765	p. 25,50	23,88	1,62	4,32	1,56	Wm.
257.	Stroh	1,7278	n. 27,50	21,09	6,41	15,83	0,92	Wm.
	Wurzeln	1,5315	n. 55,00	45,28	9,72	24 01	1,43	Wm.
258.	Stroh	2.6895	n. 27,50	13,35	14,15	34,95	1,30	Wm.
	Wurzeln	1,1858	n. 27,50	15,60	11,90	29,39	2,48	Wm.
259.	Stroh	2,1196	n. 27,50	15,59	11,91	29,42	1,39	Wm.
	Wurzeln	1,2073	n. 27,50	14,38	13,12	32,41	2.68	Wm.
260.	Stroh	1,6806	n. 27,50	18,10	9,40	23,22	1,38	Wm.
	Wurzeln	0,7664	n. 27,50	19,65	7 85	19,39	2,53	Wm.
261.	Stroh	1,6310	n. 27,50	16,50	11,00	27,17	1,67	Wm.
	Wurzeln	1,2929	n. 27,50	13,25	14,25	35,20	2.71	Wm.
262.	Stroh	0,2090	n. 27,50	26.60	0,90	2,22	1,06	Wm.
	Wurzeln							
263.	Stroh	0,2715	n. 27,50	26,42	1,08	2,67	0,98	Wm.
	Wurzeln							
264.	Stroh	0,3160	n. 27,50	26,50	1,00	2.47	0,78	Wm.
	Wurzeln							
265.	Stroh	0.2970	n. 27,50	26.10	1,40	3,46	1,16	Wm.
	Wurzeln							
266.	Stroh	0,1350	n. 27,50	26,92	0,58	1,43	1,06	Wm.
	Wurzeln							
267.	Stroh	0.0920	n. 27,50	27,00	0,50	1,23	1,34	Wm.
	Wurzeln							
268.	Früchte	1.0135	n. 55.00	42,80	12.20	30.13	2.73	Wm.
	Stroh	1,5140	n. 27,50	15.09	12,41	30,65	2.02	Wm.
	Wurzeln	1.3895	n. 27,50	11,00	16,50	40,76	2,93	Wm.
269.	Früchte	0,4810	n. 27.50	20,40	7,10	18.15	3,77	Wm.
	Stroh	1,4975	n. 27,50	15.90	11,60	28,65	1.91	Wm.
	Wurzeln	1.1578	n. 27,50	14.75	12.75	31.49	2.71	Wm.
270.	Stroh	0.6205	n. 27,50	24.95	2.55	6,30	1,02	Wm.
	Wurzeln	0.7023	n. 27,50	22,70	4,80	11,86	1,69	Wm.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Trockenmasse g		Titerflüssigkeit: der vorgelegten H_2SO_4 entsprachen ccm	Titerflüssigkeit: verbraucht wurden ccm	Rest ccm	Stickstoff mg	Stickstoff %	Analytiker
271.	Früchte	0,0400	n.	27,50	27,04	0,46	1,14	2,84	Wm.
	Stroh	1,4345	n.	27,50	22,70	4,80	11,86	0,83	Wm.
	Wurzeln	0,5840	p.	25,50	22,07	3,43	9,14	1,56	Wm.
Zur Aussaat benutzte	Früchte	0,7404	p.	51,00	39,95	11,05	29,46	3,98	Wm.
				Lupinen. 1887.					
276.	Samen	0,5301	p.	51,00	36,60	14,40	38,39	7,24	Wm.
	Spreu	0,8470	p.	25,50	22,25	3,25	8,66	1,02	Wm.
	Stroh	1,0820	p.	25,50	16,90	8,60	22,93	2,12	Wm.
	Wurzeln	0,8425	p.	25,50	20,60	4,90	13,06	1,55	Wm.
277.	Samen	0,8524	p.	25,50	1,48	24,02	64,04	7,51	Wm.
	Spreu	1,0645	p.	25,50	23,50	2,00	5,33	0,50	Wm.
	Stroh	1,0355	p.	25,50	18,62	6,88	18,34	1,77	Wm.
	Wurzeln	0,5555	p.	25,50	21,68	3,82	10,18	1,83	Wm.
281.	Stroh + Wurzeln	0,5860	p.	25,50	20,90	4,60	12,26	2,09	Wm.
282.	Stroh + Wurzeln	0,3725	p.	25,50	21,10	4,40	11,73	3,15	Wm.
283.	Samen	1,1229	p.	51,00	26,25	24,75	65,98	5,88	Wm.
	Spreu	0,8416	p.	25,50	24,00	1,50	4,00	0,48	Wm.
	Stroh	0,7922	p.	25,50	19,30	6,20	16,53	2,08	Wm.
	Wurzeln	0,9010	p.	25,50	17,15	8,35	22,26	2,47	Wm.
284.	Stroh + Wurzeln	0,8880	p.	25,50	15,83	9,67	25,78	2,90	Wm.
285.	Stroh + Wurzeln	0,9185	f.	29,95	23,50	6,45	14,60	1,59	M.
286.	Stroh + Wurzeln	0,8000	f.	29,95	23,95	6,00	13,57	1,70	M.
287.	Samen	0,6770	p.	51,00	30,24	20,76	55,35	8,18	Wm.
	Stroh + Spreu	0,8850	p.	25,50	21 88	3,62	9,65	1,09	Wm.
	Wurzeln	1,0551	p.	25,50	17,41	8,09	21,57	2,04	Wm.
288.	Samen	0,8065	p.	25,50	1,10	24,40	65,05	8,07	Wm.
	Stroh + Spreu	0,6918	p.	25,50	21,21	4,29	11,44	1,65	Wm.
	Wurzeln	1,3652	p.	25,50	12,10	13,40	35,72	2,62	Wm.
289.	Stroh + Wurzeln	0,9210	f.	29,95	24,10	5,85	13,23	1,44	M.
290.	Stroh + Wurzeln	1,0210	f.	29,95	24,05	5,90	13,35	1,31	M.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Trockenmasse g	Titerflüssigkeit: der vorgelegten H_2SO_4 entsprachen ccm	Titerflüssigkeit: verbraucht wurden ccm	Titerflüssigkeit: Rest ccm	Stickstoff mg	Stickstoff %	Analytiker
291.	Samen	0,8065	p. 25,50	1,10	24,40	65,05	7,94	Wm.
	Stroh Spreu	0,9594	p. 25,50	19,52	5,98	15,94	1,66	Wm.
	Wurzeln	1,4714	p. 25,50	10,22	15,28	40,74	2,77	Wm.
292.	Samen	1,2286	p. 51,00	16,98	34,02	90,70	7,38	Wm.
	Stroh Spreu	1,4414	p. 25,50	20,85	4,65	12,40	0,86	Wm.
	Wurzeln	0,8690	p. 25,50	18,90	6,60	17,60	2,02	Wm.
307.	Samen	0,6170	p. 25,50	7,65	17,85	47,59	7,71	Wm.
	Spreu	1,2030	p. 25,50	23,82	1,68	4,48	0,37	Wm.
	Stroh	0,8681	p. 25,50	20,88	4,62	12,32	1,42	Wm.
	Wurzeln	0,6536	p. 25,50	20,75	4,75	12,66	1,94	Wm.
320.	Samen	0,8090	p. 25,50	3,10	22,40	59,72	7,38	Wm.
	Spreu	0,7411	p. 25,50	21,75	3,75	10,00	1,35	Wm.
	Stroh	0,7334	p. 25,50	20,15	5,35	14,26	1,94	Wm.
	Wurzeln	0,7995	p. 25,50	20,50	5,00	13,33	1,67	Wm.
321.	Samen	0,8880	p. 25,50	0,40	25,10	66,92	7,54	Wm.
	Spreu	1,1645	p. 25,50	21,82	3,68	9,81	0,84	Wm.
	Stroh	0,7354	p. 25,50	19,82	5,68	15,14	2,06	Wm.
	Wurzeln	0,6474	p. 25,50	21,66	3,84	10,24	1,58	Wm.
Zur Aussaat benutzte	Samen	0,8690	p. 25,50	3,17	22,33	59,53	6,85	Wm.

Erbsen. 1886.

130.	Samen	1,0340	f. 60,00	39,90	20,10	45,39	4,39	Wm.
	Stroh Spreu	1,8930	f. 60,00	47,30	12,70	28,77	1,52	Wm.
131.	Samen	2,3775	n. 55,00	7,80	47,20	116,58	4,91	Wm.
	Stroh Spreu	2,5565	n. 55,00	34,35	20,65	47,01	1,84	Wm.
135.	Samen Stroh Spreu	0,9165	n. 55,00	46,30	8,70	21,49	2,34	Wm.
143.	Samen Stroh Spreu	1,8160	n. 27,50	11,70	15,80	39,03	2,15	Wm.
144.	Samen Stroh Spreu	1,2052	n. 27,50	16,18	11,32	27,96	2,32	Wm.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Trockenmasse g	Titerflüssigkeit			Stickstoff		Analytiker
			der vorgelegten H_2SO_4 entsprachen ccm	verbraucht wurden ccm	Rest ccm	mg	%	
147.	Samen	0,7800	n.	55,00	42,20	12,80	31,62	4,06	Wm.
	Spreu Stroh	2,5500	n.	55,00	38,15	16,85	41,62	1,63	Wm.
155.	Samen	2,7297	n.	55,00	6,55	48,45	119,67	4,38	Wm.
	Spreu Stroh	2,2740	n.	55,00	41,98	13,02	32,16	1,41	Wm.
156.	Samen Spreu Stroh	2,1280	n.	27,50	5,27	22,23	54,91	2,58	Wm.
158.	Samen	0,9815	f.	60,00	39,25	20,75	46,92	4,78	Wm.
	Spreu Stroh	2,0985	f.	60,00	48,90	11,10	24,97	1,19	Wm.
159.	Samen Spreu Stroh	0,9267	n.	55,00	47,30	7,70	19,02	2,05	Wm.
160.	Samen	1,0930	n.	55,00	32,85	22,15	54,71	5,00	Wm.
	Spreu Stroh	1,9065	n.	55,00	44,62	10,38	25,64	1,35	Wm.
161.	Samen	1,0615	f.	60,00	39,00	21,00	47,45	4,47	Wm.
	Spreu Stroh	1,9830	f.	60,00	52,20	7,80	17,45	0,88	Wm.
165.	Samen	1,0290	f.	60,00	40,80	19,20	43,42	4,22	Wm.
	Spreu Stroh	2,1430	f.	60,00	47,20	12,80	28,72	1,34	Wm.
169.	Samen	2,4155	n.	55,00	9,90	45,10	111,39	4,61	Wm.
	Spreu Stroh	2,6530	n.	55,00	36,80	18,20	44,95	1,69	Wm.
170.	Ganze Pflanze	0,5150	g.	27,75	24,58	3,17	7,71	1,50	M.
171.	Ganze Pflanze	0,5588	g.	27,75	24,37	3,38	8,22	1,47	M.
	Erbsen. 1887.								
322.	Stroh	0,5430	f.	29,95	26,70	3,25	7,36	1,36	M.
	Wurzeln	0,2360	f.	29,95	27,60	2,35	5,30	2,25	M.
323.	Stroh	0,4400	f.	29,95	27,15	2,80	6,34	1,44	M.
	Wurzeln	0,3040	f.	29,95	27,20	2,75	6,22	2,05	M.
324.	Stroh Wurzeln	0,9270	o.	25,60	20,30	5,30	14,07	1,52	Wm.
325.	Samen	1,4600	o.	51,20	21,30	29,90	79,38	5,44	Wm.
	Stroh Spreu	1,1440	p.	25,50	18,88	6,62	17,65	1,54	Wm.
	Wurzeln	0,4653	p.	25,50	21,28	4,22	11,25	2,42	Wm.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Trockenmasse g	Titerflüssigkeit				Stickstoff		Analytiker
				der vorgelegten H_2SO_4 entsprachen ccm	verbraucht wurden ccm	Rest ccm	mg	%	
326.	Samen	0,9567	o.	25,60	5,15	20,45	54,30	5,68	Wm.
	Spreu + Stroh	0,6950	p.	25,50	19,90	5,60	14,93	2,15	Wm.
	Wurzeln	0,6295	p.	25,50	19,85	5,65	15,06	2,39	Wm.
327.	Samen	1,3016	o.	51,20	25,50	25,70	68,23	5,24	Wm.
	Spreu + Stroh	0,8860	p.	25,50	18,90	6,60	17,60	1,99	Wm.
	Wurzeln	0,2519	p.	25,50	22,59	2,91	7,76	3,08	Wm.
328.	Stroh	0,5790	f.	29,95	26,55	3,40	7,70	1,33	M.
	Wurzeln	0,3190	f.	29,95	26,90	3,05	6,90	2,16	M.
329.	Samen	0,0165	o.	25,60	25,27	0,33	0,88	5,31	Wm.
	Spreu	0,0265	o.	25,60	25,31	0,29	0,77	2,91	Wm.
	Stroh	0,5170	f.	29,95	26,90	3,05	6,90	1,33	M.
	Wurzeln	0,2820	f.	29,95	27,60	2,35	5,32	1,89	M.
330.	Stroh + Wurzeln	0,7875	o.	25,60	20,90	4,70	12,48	1,58	Wm.
331.	Samen	1,1424	o.	25,60	3,60	22,00	58,41	5,11	Wm.
	Spreu + Stroh	0,7362	p.	25,50	20,00	5,50	14,66	1,99	Wm.
	Wurzeln	1,2200	f.	29,95	14,00	15,95	36,10	2,96	M.
332.	Samen	2,1556	o.	51,20	17,50	33,70	89,47	4,15	Wm.
	Spreu + Stroh	0,6254	p.	25,50	21,95	3,55	9,46	1,51	Wm.
	Wurzeln	0,6580	f.	29,95	17,80	12,15	27,50	2,99	M.
333.	Samen	1,2340	o.	25,60	0,45	25,15	66,77	5,41	Wm.
	Spreu + Stroh	0,9738	p.	25,50	18,54	6,96	18,53	1,90	Wm.
	Wurzeln	0,9404	p.	25,50	14,21	11,29	30,10	3,20	Wm.
334.	Samen	1,6624	o.	51,20	26,88	24,32	64,57	3,88	Wm.
	Spreu + Stroh	0,6346	p.	25,50	23,14	2,36	6,29	0,99	Wm.
	Wurzeln	0,5850	f.	29,95	20,60	9,35	21,20	3,62	M.
335.	Samen	1,3162	o.	51,20	34,88	16,32	43,33	3,29	Wm.
	Spreu + Stroh	0,5824	p.	25,50	23,82	1,68	4,48	0,77	Wm.
	Wurzeln	0,8700	f.	29,95	21,60	8,35	18,90	1,17	M.
336.	Samen	1,7242	o.	51,20	28,95	22,25	59,07	3,43	Wm.
	Spreu + Stroh	0,6666	p.	25,50	23,25	2,25	6,00	0,90	Wm.
	Wurzeln	1,0930	f.	29,95	17,80	12,15	27,50	2,52	M.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Trockenmasse g	Titerflüssigkeit der vorgelegten H_2SO_4 entsprachen ccm	Titerflüssigkeit verbraucht wurden ccm	Titerflüssigkeit Rest ccm	Stickstoff mg	Stickstoff %	Analytiker
337.	Spreu + Stroh	1,2196	p. 25,50	14,00	11,50	30,66	2,51	Wm.
	Wurzeln	0,7239	p. 25,50	18,16	7,34	19,57	2,70	Wm.
338.	Samen	1,1486	o. 51,20	25,23	25,97	68,95	6,00	Wm.
	Spreu + Stroh	0,7530	p. 25,50	19,35	6,15	16,40	2,18	Wm.
	Wurzeln	0,7349	p. 25,50	17,58	7,92	21,12	2,87	Wm.
339.	Samen	0,4200	o. 25,60	19,02	6,58	17,47	4,16	Wm.
	Spreu + Stroh	0,9266	p. 25,50	16,03	9,47	25,25	2,72	Wm.
	Wurzeln	0,5983	p. 25,50	19,10	6,40	17,06	2,85	Wm.
340.	Samen	0,0175	o. 25,60	25,19	0,41	1,09	6,22	Wm.
	Spreu + Stroh	1,0385	p. 25,50	16,27	9,23	24,61	2,37	Wm.
	Wurzeln	0,5585	p. 25,50	20,18	5,32	14,18	2,54	Wm.
341.	Samen	0,5248	o. 25,60	15,03	10,57	28,06	5,35	Wm.
	Spreu + Stroh	1,1120	p. 25,50	14,15	11,35	30,26	2,72	Wm.
	Wurzeln	0,4210	p. 25,50	20,82	4,68	12,48	2,96	Wm.
342.	Stroh	0,6540	g. 55,50	51,90	3,60	8,74	1,34	Wm.
	Wurzeln	0,2646	p. 25,50	23,65	1,85	4,93	1,86	Wm.
343.	Samen	1,9063	o. 51,20	22,75	28,45	75,53	3,96	Wm.
	Spreu + Stroh	2,3575	g. 55,50	46,50	9,00	21,86	0,93	Wm.
	Wurzeln	0,3672	p. 25,50	22,90	2,60	6,93	1,89	Wm.
344.	Samen	0,6265	o. 25,60	20,02	5,58	14,82	2,36	Wm.
	Spreu + Stroh	2,4762	g. 55,50	47,50	8,00	19,43	0,78	Wm.
	Wurzeln	0,2814	p. 25,50	23,44	2,06	5,49	1,95	Wm.
345.	Samen	0,2280	o. 25,60	21,08	4,52	12,00	5,26	Wm.
	Spreu + Stroh	1,0115	p. 25,50	19,65	5,85	15,60	1,54	Wm.
	Wurzeln	0,2716	p. 25,50	22,85	2,65	7,07	2,67	Wm.
346.	Samen	0,1460	o. 25,60	23,41	2,19	5,81	3,98	Wm.
	Spreu + Stroh	1,0199	p. 25,50	23,00	2,50	6,67	0,65	Wm.
	Wurzeln	0,5752	p. 25,50	19,68	5,82	15,52	2,70	Wm.
347.	Stroh	0,9484	p. 25,50	19,65	5,85	15,60	1,64	Wm.
	Wurzeln	0,7048	p. 25,50	17,79	7,71	20,55	2,92	Wm.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Trockenmasse g	Titerflüssigkeit: der vorgelegten H_2SO_4 entsprachen ccm	Titerflüssigkeit: verbraucht wurden ccm	Titerflüssigkeit: Rest ccm	Stickstoff mg	Stickstoff %	Analytiker
348.	Samen	0,7915	o.	25,60	14,41	11,19	29,71	3,75	Wm.
	Spreu Stroh	0,9900	p.	25,50	21,21	4,29	11,44	1,16	Wm.
	Wurzeln	0,7694	p.	25,50	18,09	7,41	19,76	2,57	Wm.
349.	Samen	0,4633	o.	51,20	43,39	7,81	20,74	4,48	Wm.
	Spreu Stroh	0,6705	p.	25,50	23,03	2,47	6,59	0,98	Wm.
	Wurzeln	0,8684	p.	25,50	17,18	8,32	22,18	2,55	Wm.
350.	Samen	1,4665	o.	51,20	21,40	29,80	79,22	5,40	Wm.
	Spreu Stroh	1,8418	g.	55,50	49,55	5,95	13,55	0,74	Wm.
	Wurzeln	0,5395	p.	25,50	22,35	3,15	8,40	1,56	Wm.
351.	Samen	0,4675	o.	25,60	21,15	4,45	11,81	2,53	Wm.
	Spreu Stroh	2,0930	g.	55,50	48,70	6,80	16,52	0,79	Wm.
	Wurzeln	0,6548	p.	25,50	20,81	4,69	12,50	1,91	Wm.
352.	Stroh	1,1564	p.	25,50	16,22	9,28	24,74	2,14	Wm.
	Wurzeln	0,7058	p.	25,50	19,03	6,47	17,25	2,44	Wm.
353.	Samen	0,2125	o.	25,60	21,30	4,30	11,42	5,37	Wm.
	Spreu Stroh	1,0685	p.	25,50	17,33	8,17	12,78	1,20	Wm.
	Wurzeln	0,4393	p.	25,50	21,52	3,98	10,61	2,42	Wm.
354.	Stroh	0,9374	p.	25,50	18,05	7,45	19,86	2,12	Wm.
	Wurzeln	0,5562	p.	25,50	20,14	5,36	14,29	2,57	Wm.
355.	Samen	0,5935	o.	25,60	14,50	11,10	29,47	4,97	Wm.
	Spreu Stroh	1,1710	p.	25,50	19,90	5,60			
	Wurzeln	0,5838	p.	25,50	19,99	5,51	14,69	2,52	Wm.
356.	Stroh	0,9540	f.	29,95	25,30	4,65	10,52	1,10	M.
	Wurzeln	0,3850	f.	29,95	26,05	3,90	8,82	2,29	M.
357.	Stroh	0,9400	g.	55,50	50,81	4,69	11,39	1,21	Wm
	Wurzeln	0,3683	p.	25,50	22,90	2,60	6,93	1,88	Wm.
358.	Stroh Wurzeln	1,2645	o.	25,60	18,21	7,39	19,62	1,55	Wm.
359.	Spreu	0,0270	o.	25,60	25,38	0,22	0,58	2,15	Wm.
	Stroh	0,6870	f.	29,95	25,70	4,25	9,62	1,38	M.
	Wurzeln	0,3300	f.	29,95	26,45	3,50	7,92	2,40	M.
360.	Stroh	0,7280	f.	29,95	25,90	4,05	9,17	1,26	M.
	Wurzeln	0,3430	f.	29,95	27,10	2,85	6,35	1,85	M.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Trockenmasse g	Titerflüssigkeit				Stickstoff		Analytiker
				der vorgelegten H_2SO_4 entsprachen ccm	verbraucht wurden ccm	Rest ccm	mg	%	
361.	Stroh	1,1545	o.	25,60	19,41	6,19	16,43	1,42	Wm.
	Wurzeln								
362.	Stroh	0,8406	p.	25,50	20,80	4,70	12,53	1,49	Wm.
	Wurzeln								
363.	Samen	1,7060	o.	51,20	30,48	20,72	55,01	3,22	Wm.
	Spreu								
	Stroh	0,9490	p.	25,50	21,76	3,74	9,97	1,05	Wm.
364.	Samen	1,3876	o.	51,20	29,50	21,70	57,72	4,16	Wm.
	Spreu								
	Stroh	1,1804	p.	25,50	20,80	4,70	12,53	1,06	Wm.
	Wurzeln	0,2983	p.	25,50	22,61	2,89	7,70	2,58	Wm.
365.	Samen	0,8990	o.	51,20	41,94	9,26	24,59	2,73	Wm.
	Spreu								
	Stroh	1,5725	o.	25,60	19,39	6,21	16,49	1,05	Wm.
	Wurzeln	0,3530	o.	25,60	22,88	2,72	7,22	2,05	Wm.
366.	Samen	0,6185	o.	25,60	19,83	5,77	15,32	2,48	Wm.
	Spreu								
	Stroh	2,6270	g.	55,50	48,45	7,05	17,12	0,65	Wm.
	Wurzeln	0,7190	p.	25,50	20,71	4,79	12,77	1,78	Wm.
367.	Samen	0,4865	o.	25,60	21,48	4,12	10,94	2,25	Wm.
	Spreu								
	Stroh	2,6802	g.	55,50	48,20	7,30	17,73	0,66	Wm.
	Wurzeln	0,5710	p.	25,50	22,28	3,22	8,58	1,50	Wm.
368.	Samen	1,1705	o.	25,60	14 85	10,75	28,54	2,44	Wm.
	Spreu								
	Stroh	0,6732	p.	25,50	23,81	1,69	4,51	0,67	Wm.
	Wurzeln	0,7528	p.	25,50	19,70	5,80	15,46	2,05	Wm.
369.	Samen	1,3435	o.	25,60	13,30	12,30	32,66	2,43	Wm.
	Spreu								
	Stroh	0,6920	p.	25,50	23,60	1,90	5,07	0,73	Wm.
	Wurzeln	0,4689	p.	25,50	22,40	3,10	8,26	1,76	Wm.
370.	Samen	0,8650	o.	51,20	34,37	16,83	44,68	5,17	Wm.
	Spreu								
	Stroh	1,0425	p.	25,50	20,10	5,40	14,40	1,38	Wm.
	Wurzeln	0,3592	p.	25,50	22,39	3,11	8,29	2,31	Wm.
371.	Stroh	1,1550	p.	25,50	16,93	8,57	22,85	1,98	Wm.
	Wurzeln	0,5990	p.	25,50	18,88	6,62	17,65	2,95	Wm.
Zur Aussaat benutzte	Samen	1,7040	g.	55,50	27,60	27,38	67,41	3,96	Wm.

Versuchs-No.	Substanz	Angewendete Trockenmasse g	Titerflüssigkeit: der vorgelegten H_2SO_4 entsprachen ccm	Titerflüssigkeit: verbraucht wurden ccm	Titerflüssigkeit: Rest ccm	Stickstoff mg	Stickstoff %	Analytiker
	Erbsen. 1886. (Unter Glocken gezogen, cfr. S. 183.)							
163.	Spreu + Stroh	2,0230	f. 60,00	37,00	23,00	51,99	2,57	Wm.
	Wurzeln	0,7648	n. 27,50	17,50	10,00	24,70	3,23	Wm.
164.	Spreu + Stroh	1,9800	f. 60,00	40,45	19,55	44,15	2,23	Wm.
	Wurzeln	0,5764	n. 27,50	22,41	5,09	12,57	2,18	Wm.
167.	Spreu + Stroh	1,9305	f. 60,00	41,40	18,60	42,08	2,18	Wm.
	Wurzeln	0,7160	n. 27,50	18,46	9,04	22,33	3,12	Wm.
168.	Spreu + Stroh	2,0070	f. 60,00	33,10	26,90	60,81	3,03	Wm.
	Wurzeln	0,8639	n. 27,50	13,85	13,65	23,72	2,74	Wm.
	Pflanzen. 1887. (Im Glasballon gezogen, cfr. S. 191.)							
	Erbse No. 384.							
	Spreu und Stroh	0,6295	r. 26,60	21,68	4,92	12,05	1,91	Wm.
	erste Ernte	0,8954	r. 26,60	19,34	7,26	17,79	1,99	Wm.
	Stroh	0,7450	r. 26,60	19,07	7,53	18,45	2,46	Wm.
	zweite Ernte	0,6900	r. 26,60	19,62	6,98	17,10	2,48	Wm.
	Samen	0,3760	f. 29,95	23,70	6,25	14,14	3,80	M.
	Wurzeln	1,1520	r. 26,60	13,22	13,38	32,78	2,85	Wm.
	Hafer.							
	Ganze Pflanze	0,1600	r. 26,60	25,25	1,35	3,31	2,06	Wm.
	Buchweizen.							
	Ganze Pflanze	0,0360	r. 26,60	26,35	0,25	0,61	1,70	Wm.

II. Der als Bodenmaterial benutzte Quarzsand.

Kjeldahl-Wilfahrt'sche Methode. — Das Ammoniak, ohne Säure vorzuschlagen, unter guter Kühlung abdestillirt und mit Schwefelsäure titrirt. Indicator Rosolsäure.

a) ohne Zusatz von Zucker.

1 ccm H_2SO_4 = 0,0068 g N.

Genommen Sand	Gebraucht H_2SO_4	Stickstoff: gefunden	Stickstoff: berechnet pro 1 kg Sand	Analytiker
g	mg	mg	mg	
20	0,005	0,034	0,0017	Wf.
20	0,010	0,068	0,0034	Wf.

b) mit Zusatz von je 0,5 g Zucker.

α. 1 ccm H_2SO_4 = 0,00068 g N.

0,5 g Zucker allein genommen

	brauchten H_2SO_4 ccm	gaben N mg	Analytiker
	0,06	0,041	M.
	0,09	0,061	M.
	0,07	0,048	M.
	0,07	0,048	M.
	0,10	0,068	M.
im Mittel	0,078	0,053	

Genommen Sand	Gebraucht H_2SO_4		Gefunden N		Analytiker
		nach Abzug von 0,078 ccm		d. i. pro Kilo Sand	
g	ccm	ccm	mg	g	
40	0,24	0,16	0,109	0,0027	M.
40	0,28	0,20	0,136	0,0034	M.
40	0,30	0,22	0,150	0,0037	M.
40	0,40	0,32	0,218	0,0054	M.
50	0,40	0,32	0,218	0,0044	M.
50	0,40	0,32	0,218	0,0044	M.
50	0,30	0,22	0,150	0,0030	M.
50	0,37	0,29	0,197	0,0039	M.

β. 1 ccm H_2SO_4 = 0,000677 g N.

0,5 g Zucker allein genommen

	verbrauchten H_2SO_4 ccm	gaben N mg	Analytiker
	0,16	0,010	Wm.
	0,20	0,014	Wm.
	0,16	0,010	Wm.
	0,19	0,013	Wm.
	0,16	0,010	Wm.
im Mittel	0,17	0,011	

Genommen Sand	Gebraucht H_2SO_4		Gefunden N		Analytiker
		nach Abzug von 0,17 ccm		d. i. pro Kilo Sand	
g	ccm	ccm	mg	g	
40	0,44	0,27	0,183	0,0046	Wm.
40	0.38	0.21	0,142	0.0035	Wm.
40	0,35	0.18	0,122	0,0030	Wm.
40	0,38	0,21	0,142	0.0035	Wm.
40	0,36	0.19	0,129	0,0032	Wm.
40	0,40	0,23	0,156	0,0039	Wm.
40	0,20	0,03	0,020	0,0005	Wm.
40	0,20	0.03	0.020	0,0005	Wm.
40	0,21	0.04	0,027	0,0007	Wm.
40	0,19	0,02	0,014	0,0003	Wm.
40	0,19	0,02	0.014	0,0003	Wm.

III. Der als Bodenmaterial benutzte Quarzsand

aus den Culturgefässen nach der Ernte untersucht.

Methode. Zucker. H_2SO_4 wie vorher sub II. b. β.

Angewendet wurden überall 40 g Sand und 0.5 g Zucker.

a) Boden aus den Erbsenculturen von 1887

u. zw. aus den Culturgefässen	Gebraucht H_2SO_4		Gefunden N		Analytiker
		nach Abzug von 0,17 ccm		d. i. pro Culturgefäss in Summa	
No.	ccm	ccm	mg	g	
323.	0,43	0.26	0,1760	0,0176	Wm.
	0,44	0.27	0,1768	0,0177	Wm.
327.	0,69	0,52	0,3520	0.0352	Wm.
329.	0.40	0,23	0,1557	0,0156	Wm.
332.	0,57	0,40	0,2708	0,0271	Wm.
	0,59	0,42	0,2843	0,0284	Wm.
333.	0,66	0,49	0,3317	0.0332	Wm.
335	0,64	0,47	0,3182	0,0318	Wm.
337.	0,90	0,73	0,4942	0,0494	Wm.
341.	0,96	0,79	0,5348	0.0535	Wm.
342. $\frac{a}{b}$	0.44	0,27	0,1828	0.0183	Wm.
	0,44	0,27	0,1828	0,0183	Wm.
343.	0,78	0,61	0,4130	0,0413	Wm.
	0,77	0,60	0,4062	0.0406	Wm.
346.	0,85	0,68	0.4604	0.0460	Wm.
	0.90	0,73	0,4942	0.0494	Wm.

u. zw. aus den Culturgefässen No.	Gebraucht H_2SO_4 ccm	Gebraucht H_2SO_4 nach Abzug von 0.17 ccm	Gefunden N mg	Gefunden N d. i. pro Culturgefäss in Summa g	Analytiker
348.	0.71	0.54	0.3656	0,0366	Wm.
352.	1,61	1,44	0.9749	0.0975	Wm.
	1,58	1,41	0,9548	0,0955	Wm.
354.	0.56	0,39	0,2640	0.0264	Wm.
362.	0.35	0,18	0,1219	0,0122	Wm.
	0,34	0,17	0,1151	0,0115	Wm.
363.	0,55	0,38	0,2573	0.0257	Wm.
	0,55	0,38	0,2573	0,0257	Wm.
364.	0,65	0.48	0,3250	0,0325	Wm.
	0,66	0,49	0,3317	0,0332	Wm.
365.	0,51	0,34	0,2302	0.0230	Wm.
	0,61	0,44	0,2979	0,0298	Wm.
369.	0,51	0,34	0,2302	0,0230	Wm.
	0,52	0,35	0.2370	0,0237	Wm.
370.	0,69	0,52	0.3520	0,0352	Wm
	b) Boden aus dem Glasballon (vgl. S. 191 pp.)				
384.	0,47	0,30	0.2031	0,0203	Wm.
	0.48	0,31	0,2099	0,0210	Wm.

IV. Die Bodenaufgüsse.

Kjeldahl-Wilfarth'sche Methode. — Ammon unter guter Kühlung ohne Säurevorschlag abdestillirt und mil Schwefelsäure titrirt. — Indicator Rosolsäure.

1 ccm H_2SO_4 = 0.0069 g N.

Aufguss gegeben zu	Aufguss bereitet von Boden	Aufguss zur Analyse verwendet ccm	verbraucht H_2SO_4 ccm	entsprechend N mg	Analytiker
im Jahre 1886.					
Erbsen	L. I.	25	0.05	0,35	M
im Jahre 1887.					
Hafer und Buchweisen	L. I.	25	0,04	0.28	M.
		25	0.05	0.35	M.
		25	0.05	0.35	M.

Aufguss gegeben zu	bereitet von Boden	zur Analyse verwendet ccm	verbraucht H_2SO_4 ccm	entsprechend N mg	Analytiker
Erbsen	L. I.	25	0,03	0,21	M.
		25	0,03	0,21	M.
	L. II.	25	0,04	0,28	M.
		25	0,04	0,28	M.
	S I.	25	0.10	0,69	M.
		25	0,10	0,69	M.
	S. II.	25	0,02	0,14	M.
		25	0,02	0,14	M.
Serradella	L. I.	25	0,03	0,21	M.
		25	0,03	0,21	M.
	S I.	25	0,02	0.14	M.
		25	0,02	0.14	M.
Lupinen	S. I.	50	0,07	0.49	M.
		50	0,07	0.49	M.

20.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. I. Entwicklungszustand einiger Serradella-Pflanzen aus der Versuchsreihe C. im Jahre 1887 (vgl. S. 102 fg.) nach am 1. August erfolgter photographischer Aufnahme.

Als Bodenmaterial war für sämmtliche Nummern sterilisirter Quarzsand benutzt mit Beifügung einer stickstofflosen Nährmischung.

Ausserdem aber hatten erhalten:

die Versuchsnummern 242 und 243 nichts;

die Versuchsnummern 244, 245, 248, 249 und 250 einen Aufguss von je 5 g leichtem Sandboden von einem Lupinenfelde;

die Versuchsnummern 246 und 247 denselben Aufguss, nachdem er vorher bis zur Siedetemperatur erhitzt worden war;

den Versuchsnummern 266 bis 269 war erst eine grössere Menge kohlensaurer Kalk beigemischt = 1 % des Sandes und dann

den Nummern 266 und 267 weiter nichts,

den Nummern 268 und 269 etwas Bodenaufguss, wie oben, beigefügt;

die beiden Nummern 264 und 265 endlich hatten ebenfalls Bodenaufguss — aber durch Kochen sterilisirten — erhalten und ausserdem noch je 0,041 g Calciumnitrat = 0,007 g Stickstoff.

Taf. II. Lupinen-Pflanzen aus der Versuchsreihe D. des Jahres 1887 (vgl. S. 109 fg.) nach photographischer Aufnahme vom 26. Juli. Versuchs-Nummer 291 und 292 in sterilisirtem Quarzsand mit stickstoffloser Nährlösung und Zugabe eines Aufgusses von 10 g Sandboden von einem Lupinenfelde gebaut.

Taf. III. Entwicklungszustand einiger Erbsenpflanzen aus der Versuchsreihe E. vom Jahre 1887 (vgl. S. 113 fg.) nach photographischer Aufnahme vom 27. Juli.

Sämmtliche Nummern hatten als Bodenmaterial sterilisirten Quarzsand mit überall gleicher Beigabe einer stickstofffreien Nährlösung erhalten.

Ausserdem aber war

den Nummern: 325, 326, 327, 337, 338, 339, 340 und 341 noch ein Aufguss beigegeben, der von je 5 g einer in Cultur befindlichen Ackererde bereitet war, und zwar wurden hierzu benutzt:

für No: 325, 326 und 327 eine humose Lehmmergel-Erde vou einem Zuckerrübenfelde (L. I.),

für No: 337 und 338 ein ähnlicher Boden von einer anderen Stelle (L. II.) und

für No: 339, 340 und 341 ein diluvialer Sandboden von einem Lupinenfelde.

Die Versuchsnummern 322, 323 und 324 hatten einen solchen Zusatz nicht erhalten, und

den Nummern 328, 329 und 330 war genau derselbe Aufguss verabreicht, wie den Nummern 325, 326 und 327, aber nachdem derselbe durch Erhitzen auf 100° C. sterilisirt worden war.

Taf. IV. Anordnung des S. 176 fg. beschriebenen Versuchs über das Auftreten der Leguminosen-Knöllchen.

Die wässerige stickstofflose Nährlösung mit einem Zusatze von Bodenaufguss ist gleichmässig in die beiden Gläser A und B vertheilt, die in B befindliche Hälfte derselben aber vorher durch Kochen sterilisirt.

Die im Hungerzustande befindliche Erbsenpflanze No. 380 ist über der Berührungsstelle der beiden Gläser so befestigt, dass die

eine Hälfte ihres Wurzelwerks in die nicht sterilisirte Nährlösung A, die andere in die sterilisirte B taucht.

Taf. V. Dieselbe Erbsenpflanze No. 380 nach dreiwöchentlicher Versuchsdauer und nachdem sich an der in nicht sterilisirter Nährlösung vegetirenden Hälfte des Wurzelsystems ein reichlicher Ansatz von Knöllchen gebildet hatte, während die andere in sterilisirter Nährlösung durchaus knöllchenfrei blieb — photographirt am 21. August.

Um ein deutlicheres Bild zu erlangen, ist die Pflanze aus dem Apparat genommen und das Wurzelwerk derselben zwischen 2 Glasplatten flach ausgebreitet.

Taf. VI. Entwicklungszustand der drei zu dem S. 186 fg. beschriebenen Versuche gehörigen Pflanzen — Erbse No. 384, Hafer und Buchweizen — nach einer photographischen Aufnahme vom 26. Juli.

Die Pflanzen vegetirten in geglühtem, mit stickstoffloser Nährlösung und etwas Bodenaufguss versehenem Quarzsande. (Modification des Boussingault'schen Fundamentalversuchs.)

Bernburg, den 30. October 1888.

Serradella. 1887.

Taf. 1.

Laufende Versuchs-No. 292. 291.

Lupinen. 1887.

Taf. II.

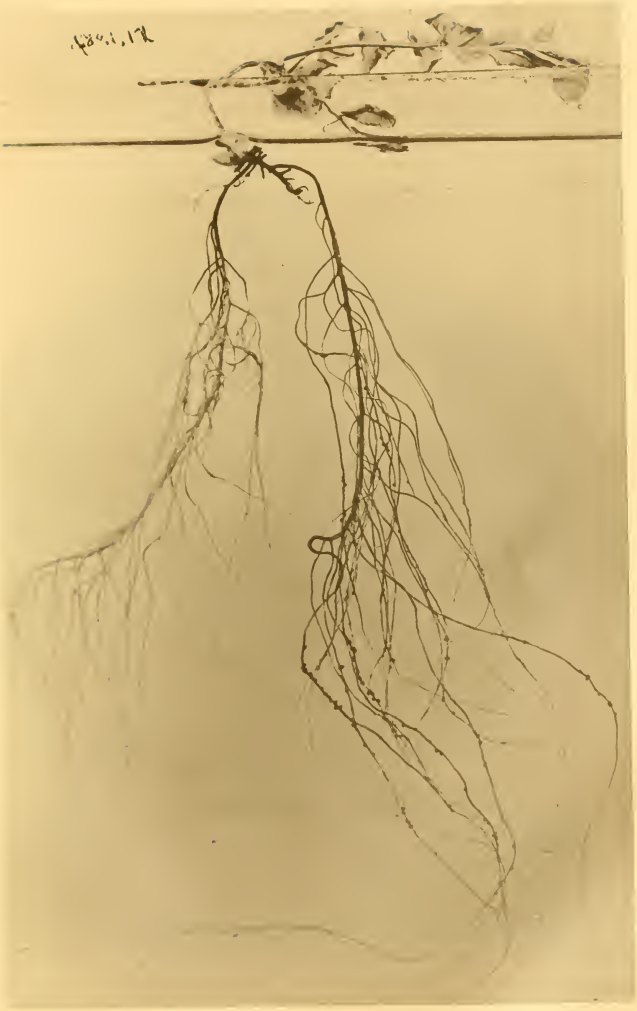
Laufende Versuchs-No.	325.	322.	326.	323.	327.	324.	339.	328.	340.	329.	341.	330.	337.	338.

Erbsen. 1887.

Taf. III.

Glas: B. A.
(Nährlös. sterilisirt. nicht sterilisirt.)

Erbse No. 380.



Wurzelsystem
aus Glas: B. (sterilisirt A. nicht sterilisirt).

Erbse No. 380.

Buchweizen. Hafer.

Erbse No. 384.

PROPERTY LIBRARY
N. C. State College